

Länsiväylän automaattisen liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset liikennevirtaan



Tielaitoksen
selvityksiä

53/2000

Helsinki 2000

TIEHALLINTO
Liikenteen palvelut

Tielaitoksen selvityksiä
53/2000

Satu Innamaa, Kerkko Vanhanen ja Matti Pursula

Länsiväylän automaattisen liikenteenohjaus- järjestelmän vaikutukset liikennevirtaan

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 2000

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-701-0
TIEL 3200639

Edita Oy
Helsinki 2000

Julkaisua saatavana:
Tiehallinto, julkaisumyynti
Faksi 0204 22 2652
s-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi
www.tielaitos.fi/kirjasto/tilaus.htm



TIEHALLINTO
Liikenteen palvelut
Opastinsilta 12 A
PL 33, 00521 HELSINKI
Puhelinvaihe 0204 22 150

Satu Innamaa, Kerkko Vanhanen ja Matti Pursula: Länsiväylän automaattisen liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset liikennevirtaan. Helsinki 2000. Tielaitos, Tielaitoksen selvityksiä 53/2000. 82 s. + liitt. 8 s. ISBN 951-726-701-0. ISSN 0788-3722. TIEL 3200639.

Asiasanat: muuttuvat opasteet, liikenteen ohjaus, liikennevirta, nopeusrajoitukset, telematiikka, liikenteen ohjaus, vaikutukset

Aiheluokka: 11, 20, 22

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää muuttuviin nopeusrajoituksiin perustuvien automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien vaikutuksia liikennevirtaan. Länsiväylältä saatavan aineiston avulla oli tarkoitus selvittää, miten liikennevirta eroaa eri ohjauksilla ja miten ohjauksen muutos vaikuttaa liikennevirtaan. Tulosten avulla oli tavoitteena löytää parametreit, jotka kuvaavat liikennetilannetta parhaiten, sekä vastata kysymykseen, onko ohjaustoimenpiteillä turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta positiivinen vaikutus liikennevirtaan.

Selvityksessä on esitelty lyhyesti aiemmin julkaistuja tuloksia muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista Suomessa ja muualla maailmassa. Suomen tulokset ovat valtateiltä 1, 5, 7 ja 9 sekä Länsiväylältä. Kansainvälisiä tuloksia on mm. Alankomaista.

Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu viiden minuutin havainnoista, jotka on luokiteltu liikennemäärän ja sää-/kelitilanteen mukaan. Havaintoja on molemmille kaistoille erikseen sekä poikkileikkauskohtaisesti. Ylikysyntätilanteet rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuksessa saatiin tulokseksi, etteivät Länsiväylän autoilijat kunnioita nopeusrajoituksia. Alennettu nopeusrajoitus saa autoilijat kuitenkin alentamaan nopeuttaan. Kuljettajat hyväksyvät alennetun nopeusrajoituksen, kun siihen on suoraan syynä turvallisuus, mutta ruuhkavaroitusta näyttää saavan heidät ajamaan lujempaa kuin vastaavassa tilanteessa samalla nopeusrajoituksella muuten. Tämä saattaa johtua siitä, että kuljettajat koettavat kompensoida ruuhkan aiheuttamia tulevia viivytyksiä.

Eri ohjausten ja kaistojen väliset erot keskinopeuksissa johtuvat pääasiassa eroista hitaimpien ajoneuvojen nopeuksissa. Nopeuden keskihajonta kasvoi kaikissa liikennemääräluokissa ja kaistojen väliset nopeuserot pienenivät nopeusrajoituksen laskiessa suurilla liikennemäärillä. Aikavälijakaumissa erot eivät olleet yhtä systemaattisia kuin nopeusjakaumissa. Nyt saatujen tulosten perusteella on vaikea sanoa, onko liikennevirta turvallisempi alemmilla nopeusrajoituksilla kuin rajoituksella 80 km/h.

Hypoteeseja arvosta 80 km/h alennetun nopeusrajoituksen liikennevirtaa harmonisoivasta vaikutuksesta ei voitu vahvistaa kuin korkeintaan osin. Hypoteesia varoitusmerkkien nopeutta alentavasta vaikutuksesta ei voitu vahvistaa kuin liukas ajorata -merkin osalta. Hypoteesit, joiden mukaan alennetun nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirran keskinopeuteen olisi pienillä liikennemäärillä ja hyvällä kelillä suurempi kuin suurilla liikennemäärillä ja huonolla kelillä, piti myös hylätä.

Tulosten avulla oli tavoitteena osoittaa, kannattavatko ohjaustoimenpiteet. Alennetuilla nopeusrajoituksilla voitiin osoittaa olevan positiivisia vaikutuksia liikennevirtaan, mutta varsinaista tehtäväänsä (liikennevirran harmonisointi) niiden ei voitu osoittaa täyttävän. Selvityksen toisena tavoitteena oli löytää parametreja, jotka kuvaavat liikennetilannetta. Tehdyn aikasarjatarkastelun perusteella nopeuden keskihajonta vaikuttaa kuvaavan parhaiten virran vakautta.

Satu Innamaa, Kerkko Vanhanen and Matti Pursula: **Länsiväylän automaattisen liikenteenohjausjärjestelmän vaikutukset liikennevirtaan.** [*Effects of Automatic Traffic Control System of Länsiväylä on Traffic Flow*]. Helsinki 2000. Finnish National Road Administration, Finnra Reports 53/2000. 82 p. + app. 8 p. ISBN 951-726-701-0. ISSN 0788-3722. TIEL 3200639.

Keywords: variable message sign, traffic control, traffic flow, speed limit, traffic telematics, traffic control, effects

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effects that traffic control systems based on variable speed limits have on the traffic flow. The purpose was to find out based on the data from Länsiväylä how does the traffic flow behave under the influence of different control actions and how does a change in the control affect the flow. Other objectives were to find the parameters that describe the traffic situation best and to answer the question whether the control actions had a positive effect on the traffic flow from the point of view of safety or fluency.

Earlier published results on the effects of variable speed limits are summarised shortly. Most of the results are from Finland but there are also some international results. The Finnish results are from the main roads 1, 5, 7 and 9, and from Länsiväylä, and the international results are from the Netherlands etc.

The data used in the study consists of five-minute observations which are classified according to flow and weather conditions. There are observations for both lanes and for cross-sections. The congested traffic situations were left out from the study.

A result of this study was that the drivers on Länsiväylä did not respect the speed limits. However, lower speed limit made drivers drive slower. Drivers accepted the lowered speed limit when the reason for the lowering was safety. However, when the reason of the lowering was a congestion they maybe tried to compensate for future delays by driving faster than in similar conditions otherwise.

The differences in mean speed between different control actions and lanes were mainly due to the differences in the speed of the slowest vehicles. The standard deviation of the speed increased as the speed limit was lowered (in all flow classes), and the speed differences between lanes decreased when the flow was higher. The differences in headway distributions were not as systematic as the differences in speed distributions. According to the results obtained in this study, it is difficult to say whether the traffic flow is safer when the speed limits are lower than the basic limit of 80 km/h.

The hypotheses about the harmonising effect of the lowered speed limits could not be confirmed - or the confirmation could be done at most partly. The hypothesis that warning signs lower the speeds could be confirmed only for the warning of the slippery road. The hypotheses that the effect of the lowered speed limit is stronger when the flow is small or the weather is good had to be rejected also.

The objective was to show whether the control actions were beneficial. Lowered speed limits had some positive effects on the traffic flow but it could not be confirmed that they fulfil their primary task (harmonising the traffic flow). Another objective for the study was to find parameters that describe the traffic flow situation. According to the time series study the standard deviation of the speed seemed to describe the stability of the traffic flow best.

ALKUSANAT

Tielaitos sekä Liikenne- ja viestintäministeriö (LVM) ovat tilanneet tutkimuksen automaattisista liikenteenohjaus- ja liikenneinformaatiojärjestelmistä osana LVM:n TETRA – Liikenteen telematiikan rakenteiden tutkimus- ja kehittämisohjelmaa 1998 – 2000. Tämä tutkimus on valmistunut osana ko. toimeksiantoa.

Osatutkimus aloitettiin Madridin teknillisessä korkeakoulussa (Universidad Politécnica de Madrid) Espanjassa ja saatettiin loppuun Teknillisessä korkeakoulussa (TKK). Tutkimuksesta vastasi diplomi-insinööri Satu Innamaa, ohjaajana professori Matti Pursula TKK:lta. Tutkimusapulaisena toimi tekniikan ylioppilas Kerkko Vanhanen.

Tutkimuksen etenemistä valvoi asiantuntijaryhmä, johon kuuluivat tekniikan tohtori Jussi Sauna-aho LVM:stä, diplomi-insinöörit Kari Hiltunen Tielaitoksen Tiestötiedot-yksiköstä, Sami Luoma Tielaitoksen Liikenteen palvelut -yksiköstä ja Pekka Rajala Uudenmaan tiepiiristä sekä tekniikan tohtorit Risto Kulmala VTT:ltä ja lisäksi Kosonen TKK:lta.

Sisältö

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT	5
1 Johdanto	9
2 Muuttuvat nopeusrajoitukset Suomessa	11
2.1 Muuttuvien nopeusrajoitusten käyttö Suomessa	11
2.2 Tuloksia muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista Suomessa	11
2.3 Tuloksia muualta	12
2.4 Aikaisempien tutkimusten tuloksia Länsiväylältä	13
3 Länsiväylän automaattinen liikenteenohjausjärjestelmä	15
4 Tutkimuksen lähtökohdat	17
4.1 Rajaukset ja tutkimusasetelma	17
4.2 Hypoteesit	19
4.3 Tutkimuksessa käytetty aineisto ja tilastolliset testit	20
5 Analyysit	22
5.1 Liikennevirran peruskuvaajat	22
5.2 Liikennevirran ominaisuuksien väliset erot erilaisissa olosuhteissa	24
5.2.1 Pouta ja kuiva tie	24
5.2.2 Pouta ja kostea tai märkä tie	28
5.2.3 Pouta ja kuurainen tie	34
5.2.4 Pouta ja luminen tai jäinen tie	37
5.2.5 Vesisade	39
5.2.6 Lumisade	42
5.3 Ohjausmuutoksen vaikutukset liikennevirtaan	45
5.3.1 Muutokset nopeusrajoituksen noustessa	45
5.3.2 Muutokset nopeusrajoituksen laskiessa	51
5.4 Liikenteen aamuhuipun aikasarjatarkastelu	56

6 Tulosten tarkastelu	60
6.1 Liikennevirran peruskuvaajat	60
6.2 Liikennevirran ominaisuuksien väliset erot erilaisissa olosuhteissa	60
6.3 Ohjausmuutosten vaikutukset liikennevirtaan	68
6.4 Liikenteen aamuhuipun aikasarjatarkastelu	70
7 Johtopäätökset	71
8 Yhteenveto	76
Lähdeluettelo	81

LIITTEET

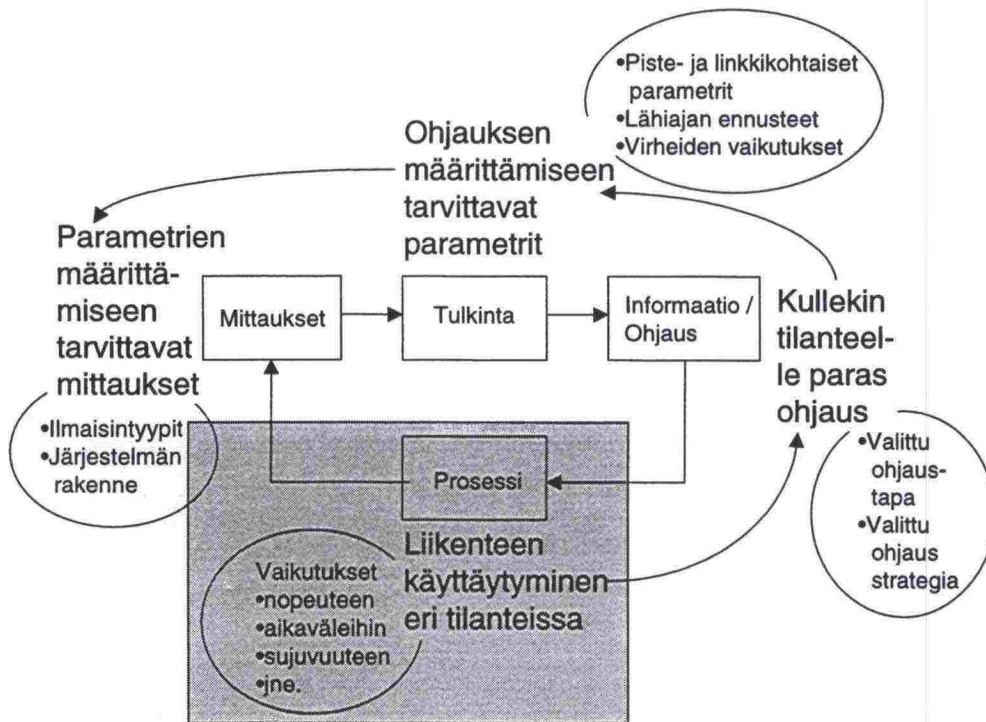
Liikennevirran peruskuvaajia

1 Johdanto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää muuttuviin nopeusrajoituksiin perustuvien automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien vaikutuksia liikennevirtaan. Länsiväylältä saatavan aineiston avulla oli tarkoitus selvittää, miten liikennevirta eroaa eri ohjauksilla ja miten ohjauksen muutos vaikuttaa liikennevirtaan. Tulosten avulla oli tavoitteena löytää parametrit, jotka kuvaavat liikennetilannetta parhaiten, ja vastata kysymykseen, onko ohjaustoimenpiteillä turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta positiivinen vaikutus liikennevirtaan.

Tutkimuksen aihe on hyvin ajankohtainen. Jatkuvasti kasvavat liikennemäärät aiheuttavat yhä enenevässä määrin ruuhkaa sekä kasvavan liikenneturvallisuus- ja ympäristöongelman. Liikenteenohjaus- ja liikenneinformaatiojärjestelmät ovat eräs ratkaisu näihin ongelmiin. Tielaitos onkin rakentamassa edellä mainitun kaltaisia järjestelmiä Suomen pääteille. Suomen erityiset sää- ja keliolosuhteet aiheuttavat oman tarpeensa paikalliselle tutkimukselle.

Kuvassa 1 on esitetty liikenteenohjausprosessi ja sen osat. Perusprosessina on mittauksen, tulkinnan, informaation/ohjauksen ja liikenneprosessin muodostama silmukka. Kullekin tilanteelle sopiva ohjaus pitäisi määrittää sen perusteella, kuinka liikenne käyttäytyy eri olosuhteissa ja erilaisilla ohjauksilla. Ohjausstrategia määrittelee, mitä liikennevirtaparametrejä mitataan. Mittaukset tai ilmaisintyypit ja -sijainnit pitäisi taas määritellä näiden parametrien perusteella. Tässä selvityksessä tutkitaan liikenteen käyttäytymistä erilaisilla ohjauksilla ja selvitetään parametrit, joihin ohjausstrategia kannattaisi perustaa.



Kuva 1. Liikenteenohjausprosessi ja sen osat. Tässä selvityksessä käsiteltävä osa on merkitty harmaalla pohjalla.

Raportin luvussa 2 on esitelty lyhyesti muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöä Suomessa, muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista saatuja aikaisempia tuloksia sekä Länsiväylällä 1980-luvulla tehtyjen liikennevirtaa käsittelevien tutkimusten tuloksia. Luvussa 3 on esitelty Länsiväylän nykyinen automaattinen liikenteenohjausjärjestelmä, sen tavoitteet ja ohjausperiaatteet. Raportin loppuosa käsittelee Länsiväylän ohjausjärjestelmän alueella nyt tehtyä tutkimusta liikennevirran käyttäytymisestä. Luvussa 7 on tehty johtopäätöksiä saatujen tulosten pohjalta. Yhteenveto on esitetty luvussa 8.

2 Muuttuvat nopeusrajoitukset Suomessa

2.1 Muuttuvien nopeusrajoitusten käyttö Suomessa

Muuttuvilla nopeusrajoituksilla tarkoitetaan tosiaikaisesti tai lähes tosiaikaisesti olosuhteiden mukaan muutettavia nopeusrajoituksia. Muuttuvien nopeusrajoitusten käytön tavoitteena on ajonopeuksien alentaminen ja harmonisointi ongelma-aikoina turvallisuuden ja sujuvuuden parantamiseksi sekä mahdollisuus säilyttää normaali nopeusrajoitus ongelma-aikojen ulkopuolella. (Lähesmaa & Schirokoff 1998.)

Muuttuvia nopeusrajoituksia käytetään tällä hetkellä Suomessa usean tiepiirin alueella. Tiepiirit ovat myös halukkaita lisäämään tällaisten rajoitusten käyttöä. Muuttuvia nopeusrajoitusjärjestelmiä on kokeiltu valtatiellä 1 Salon ja Lohjanharjun välillä, valtatiellä 7 Pyhtään ja Haminan välillä, Länsiväylällä Helsingissä ja Espoossa, Kuopiossa Kallansilloilla sekä Jyväskylän ympäristössä valtateilla 4 ja 9. Näistä valtateiden 1, 4, 7 ja 9 järjestelmiä ohjataan keli- ja säätietojen mukaan. Muiden ohjaus perustuu pääasiassa liikennetilanteeseen. Ainoastaan Länsiväylän sekä valtateiden 1 ja 7 järjestelmät ovat pääosin automaattisia. Muut ovat käsikäyttöisiä. (Lähesmaa & Schirokoff 1998.)

2.2 Tuloksia muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutuksista Suomessa

Viatek Oy (1997) sai tulokseksi valtatiellä 1 liikkuvan ajoneuvon menetelmällä tehdyssä tutkimuksessaan, että nopeusrajoituksella 80 km/h ajoneuvojen keskimääräinen matkanopeus oli 86 km/h ja nopeusrajoituksella 100 km/h 96 km/h. Nopeusrajoituksen muuttuminen 20 km/h siis laski tai nosti liikennevirran keskimatkanopeutta 10 km/h. Vastaavat pistenopeudet muuttuivat 5 km/h. Tiellä oli suuria nopeuden muutoksia (mitattuna 2 sekunnin sisällä tapahtuvina yli 10 km/h nopeuden muutoksina) merkitsevästi enemmän nopeusrajoituksella 100 km/h kuin 80 km/h ja pienillä liikennemäärillä enemmän kuin suurilla. Liikennevirrassa oli kuitenkin nopeusrajoituksen 80 km/h alaisena kaikilla liikennemäärillä enemmän nopeuden muutoksia (mitattuna nopeuden muutosten itseisarvojen keskiarvona) kuin nopeusrajoituksen 100 km/h alaisena. Ero tosin oli alle 10 prosenttia. Viatek Oy:n tuloksissa pienellä otoskoolla ja lyhyellä mittausjaksolla on kuitenkin saattanut olla vaikutusta tuloksiin, samoin kuin sillä, että järjestelmä oli juuri otettu käyttöön ja kokeet tehtiin hyvissä sää- ja kelioloissa.

Savo-Karjalan tiepiiri (1995) sai valtatiellä 5 Kallansiltojen kohdalla tehdyssä tutkimuksessaan tulokseksi, että kun nopeusrajoitus alennettiin muuttuvalla nopeusrajoitusmerkillä 100 km/h:stä 80 km/h:iin ja näytettiin samalla "avattava silta"-merkkiä, nopeudet laskivat noin 9 - 11 km/h mittauspisteessä, joka sijaitsi noin 2,5 km ennen siltoja.

Rämä (1997) sai sääohjauksisella tiellä (vt 7) tehdyssä tutkimuksessaan tulokseksi, että muuttuvat nopeusrajoitukset alensivat talvikaudella vapaiden henkilöautojen keskimääräisiä pistenopeuksia kelin aiheuttaman aleneman lisäksi 3,4 km/h ja koko liikenteen keskinopeutta 2,5 km/h, kun rajoitus laski 100 km/h:stä 80 km/h:iin. Kesäkaudella nopeusrajoituksen alentaminen 120 km/h:stä 100 km/h:iin alensi keskinopeutta enemmän kuin muutos 100 km/h:stä 80 km/h:iin talvikaudella. Nopeusrajoituksen 20 km/h laskun vaikutuksesta koko liikenteen keskinopeus aleni 5 - 6 km/h (henkilöautojen 7 - 8 km/h). Kun talvikauden aineistosta rajattiin pois sateisimmat kelit, joiden hankaluuden kuljettajat havaitsivat helposti, nopeusrajoituksen muuttaminen 100 km/h:stä 80 km/h:iin alensi koko liikenteen nopeuksia 2 km/h enemmän kuin koko aineistossa eli 4,6 km/h.

Muuttuvat nopeusrajoitukset pienensivät nopeuksien hajontaa sääohjauksisella tiellä, kun taas vertailutiellä kelin huonontuessa nopeuksien hajonta kasvoi, vaikka keskinopeus aleni. Rajoitukset vaikuttivat eniten korkeimpiin nopeuksiin. Kesäkaudella muuttuvien rajoitusten ja viestien käyttö näytti kasvattavan sääohjauksiselta tieltä lähtevien keskinopeutta etenkin, kun käytössä oli 120 km/h:stä 80 km/h:iin alennettu rajoitus. (Rämä 1997.)

Valtatiellä 9 välillä Vaajakoski - Lievestuore - Kuopion läänin raja liikenteen keskimääräinen pistenopeus nousi valoisana aikana 5,1 km/h edellisen päivän nopeuksiin verrattuna, kun nopeusrajoitus nostettiin 80 km/h:stä arvoon 100 km/h (Keski-Suomen tiepiiri 1995). Länsiväylällä nopeusrajoituksen muutos 80 km/h:sta 60 km/h:iin sai yksittäiset kuljettajat alentamaan pistenopeuttaan oikealla kaistalla 3,9 km/h ja vasemmalla kaistalla 5,5 km/h (Uudenmaan tiepiiri 1999).

2.3 Tuloksia muualta

Rannan ja Kallbergin (1996) tekemän kansainvälisen kirjallisuusselvityksen mukaan 80 km/h ja 100 km/h nopeusrajoitusalueilla (kiinteät nopeusrajoitukset) keskinopeuksien ero on 10 km/h. Erilaisia tutkimuksia yhdistelemällä he saivat selville, että nopeusrajoituksen korottaminen kasvattaa aina keskimääräistä pistenopeutta ja laskeminen alentaa sitä. Pistejoukkoon sovitun origon kautta kulkevan suoran mukaan 10 km/h rajoitusmuutos vaikuttaa keskinopeuteen keskimäärin 3,1 km/h ($\pm 0,6$ km/h) sekä rajoitusta korotettaessa että alennettaessa. Kiinteän nopeusrajoituksen muutos 20 km/h vaikuttaa siis keskinopeuteen 5,0 - 7,4 km/h. Nopeuden muutoksissa oli kuitenkin paljon hajontaa. Finch ym. (1994) puolestaan päätyivät vastaavanlaisessa tarkastelussa esittämään, että 10 km/h rajoitusmuutos vaikuttaa keskinopeuteen 2,4 km/h.

Alankomaissa Smulders (1990) sai tulokseksi moottoritieltä Rotterdamin läheltä, että liikenteen epävakaus vakavien nopeuden laskujen määrällä mitattuna vähentyi yhtenäistävän ohjauksen seurauksena. Laskun määriteltiin olevan suuruusluokkaa 50 prosenttia. Ohjauksessa nopeusrajoitusvaihtoehtoina oli 90 km/h, 80 km/h ja 70 km/h ja nopeusrajoitusarvo valittiin liikennevirran todellisen

nopeuden perusteella. Ohjauksen aikana välityskyky ei laskenut. Muissa liikennettä kuvaavissa parametreissa, kuten keskinopeudessa, nopeuseroissa tai kaistajakaumissa ei havaittu merkitseviä muutoksia.

Utrechtin lähellä sijaitsevalla moottoritillä Smulders (1990) havaitsi, että ohjausta käytettäessä pienten aikavälien osuus laski vasemmalla kaistalla merkitsevästi. Oikealla kaistalla hän ei havainnut vastaavaa vaikutusta. Myös aikavälien varianssi pieneni vasemmalla kaistalla. Oikealla kaistalla keskimääräinen aikaväli pieneni merkitsevästi, mikä viittaa siihen, että kaistajakauma muuttui. Keskinopeus laski hieman, mutta merkitsevästi molemmilla kaistoilla.

Van den Hoogenin & Smuldersin (1994) tekemän tutkimuksen mukaan nopeudet alenivat nopeusrajoitusten johdosta kaikilla kaistoilla. Myös nopeuden vaihtelut pienenivät, mikä johti pienempiin nopeuseroihin kaistojen välillä. Shokkiaaltojen määrä ja vakavuus laskivat. Erityisesti sisäkaistalla alle sekunnin aikavälien osuus laski ja keskimääräinen aikaväli kasvoi. Myös aikavälien varianssi ja kaistojen väliset erot pienenivät. Keskinopeus aleni ja keskimääräinen vauraste kasvoi ohjauksen aikana.

2.4 Aikaisempien tutkimusten tuloksia Länsiväylältä

Länsiväylällä 1980-luvulla Pursulan ym. (1988) tekemissä tutkimuksissa on mm. määritetty liikennevirran peruskuvaajia sekä nopeusrajoitusten ja olosuhteiden vaikutuksia. Tutkijat saivat liikennevirran peruskuvaajien avulla tulokseksi, että reunakaistalla laskennallinen kriittinen tiheys oli yleensä suurempi kuin ohituskaistalla. Kuvaajien perusteella he arvioivat, että ohituskaistan välityskyky on 15 – 20 prosenttia suurempi kuin reunakaistan välityskyky.

Pursula ym. (1988) havaitsivat, että nopeusrajoitusalueella 80 km/h reunakaistan keskinopeus oli pienillä liikennetiheyksillä (vapaa nopeus) noin 7 km/h alhaisempi kuin nopeusrajoituksella 100 km/h. Ohituskaistalla vastaava ero oli 11 km/h. Ohituskaistan vapaa nopeus oli selvästi korkeampi kuin reunakaistan ja ero kasvoi nopeusrajoituksen kasvaessa. Nopeusrajoitusalueella 80 km/h keskinopeus oli yleensä suurempi kuin nopeusrajoitus. Vain suurilla liikennetiheyksillä keskinopeus oli nopeusrajoitusta alempi. Alitus tapahtui noin liikennemäärällä 3 500 ajon./h. Reunakaistalla 20 – 50 prosenttia kuljettajista ja ohituskaistalla 20 – 95 prosenttia kuljettajista ajoi ylinopeutta.

Reunakaistan osuus liikenteestä pieneni liikennemäärän kasvaessa. Reuna- ja ohituskaistan liikennemäärät olivat yhtä suuret, kun koko ajoradan liikennemäärä oli Karhusaareissa noin 2 800 - 4 000 ajon./h, Suvikumussa 2 400 - 3 600 ajon./h ja Suomenojalla 2 200 - 2 800 ajon./h. Suurimmillaan ohituskaistan osuus oli noin 60 prosenttia. (Pursula ym. 1988.)

Sään ja kelin vaikutus liikennevirran ominaisuuksiin oli huomattava. Olosuhteiden huonontuessa keskinopeudet pienenivät. Huonoissa olosuhteissa vapaat keskinopeudet olivat nopeusrajoituksella 80 km/h 3 – 4 km/h pienempiä kuin

hyvissä olosuhteissa. Liikennetiheydellä 40 ajon./km huonot sääolosuhteet alensivat keskinopeuksia Karhusaassa Helsingin suuntaan 8 km/h (nopeusrajoitus 80 km/h) ja Espoon suuntaan 18 km/h (nopeusrajoitus 100 km/h). Sään ja kelin huonontuessa välityskyky laski merkitsevästi. Huonoimmissa olosuhteissa välityskyky oli noin kolmanneksen pienempi kuin hyvissä olosuhteissa. (Pursula ym. 1988.)

Kaistojen väliset keskinopeuserot olivat 5 - 25 km/h. Ero kasvoi nopeusrajoituksen kasvaessa ja pieneni yleensä olosuhteiden huonontuessa tai liikennemäärän kasvaessa. Pienillä liikennemäärillä ero saattoi myös kasvaa olosuhteiden huonontuessa. Nopeusrajoitusalueella 80 km/h ero oli noin 10 km/h pienillä ja noin 5 km/h suurilla liikennemäärillä. (Pursula ym. 1988.)

Nopeuksien keskihajonta pieneni liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa. Reunakaistalla hajonnat olivat suurempia kuin ohituskaistalla. Reunakaistalla hajonnan suuruusluokka oli 6 - 12 km/h Karhusaaren kohdalla. Ohituskaistalla vastaava suuruusluokka oli 6 - 10 km/h. Liikennemäärän kasvaessa pienten aikavälien osuus kasvoi. Olosuhteet eivät vaikuttaneet merkitsevästi jakaumiin. Nopeusrajoituksen alentaminen vähensi vaarallisten lyhyiden aikavälien (alle sekunnin bruttoaikavälien) osuutta liikennevirrassa. (Pursula ym. 1988.)

3 Länsiväylän automaattinen liikenteenohjausjärjestelmä

Länsiväylälle on asennettu liikenteen ruuhkautumisesta ja jonoista varoittava ohjausjärjestelmä. Tienkäyttäjille järjestelmä näkyy muuttuvina nopeusrajoitus- ja varoitusmerkkeinä (Uudenmaan tiepiiri 1996). Järjestelmän ensimmäinen vaihe otettiin käyttöön vuonna 1996 ja toinen vaihe vuonna 1999. Ensimmäinen vaihe ulottuu Porkkalankadulta Katajajarjun eritasoliittymään ja toinen vaihe Katajajarjusta Hakalehdon kohdalle.

Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmän tärkein tavoite on liikenneturvallisuuden parantaminen. Ohjausjärjestelmä ei poista Länsiväylän ruuhkia, mutta sen tavoitteena on lievittää ruuhkautumisen haittoja liikenteelle ja ympäristölle. (Uudenmaan tiepiiri 1996.)

Länsiväylällä nopeusrajoitus voi saada arvot 60, 70, 80 tai 100 km/h (tosin tässä vaiheessa suurin sallittu nopeusrajoitus on 80 km/h) ja varoitusmerkki voi varoittaa ruuhkasta, liukkaudesta tai tietöistä. Ruuhkavaroitussmerkin käyttäminen ei ole sallittua silloin, kun saman merkin nopeusrajoitus näyttää 100 km/h. Normaali-tilassa nopeusrajoitusmerkit näyttävät rajoitusta 80 km/h ja varoitusmerkit ovat pimeänä. (Uudenmaan tiepiiri & Traficon Oy 1998.)

Ruuhkavaroituksen näyttöä ja nopeusrajoituksen muuttamista ohjataan eksponentiaalisesti tasoitettun nopeussuureen perusteella. Nopeussuuretta päivitetään jokaisen nopeushavainnon jälkeen seuraavasti

$$V(k) = \alpha \cdot V(v) + (1 - \alpha) \cdot V(k - 1).$$

Yhtälössä $V(k)$ on nopeussuure, kun k ajoneuvosta on saatu ilmaisu, α on viimeisimmän ajoneuvon vaikutusosuus, $V(v)$ on viimeisimmän ajoneuvon nopeus ja $V(k - 1)$ edellinen nopeussuure. Nopeussuure lasketaan kaistakohtaisesti ja jokainen yksittäinen ilmaisu vaikuttaa sen arvoon. Kunkin mittauspoikkileikkauksen nopeussuureeksi valitaan pienin arvo kaistakohtaisista nopeussuureista. (Uudenmaan tiepiiri & Traficon Oy 1998.)

Arvioitaessa, pitääkö nopeusrajoitusta laskea ja ruuhkavaroituss laittaa näkyviin, on käytössä neljä nopeuden kynnysarvoa, ja kun tutkitaan, voidaanko nopeusrajoitusta nostaa ja/tai jonovaroitus poistaa, käytetään kynnysarvoja, jotka ovat ensin mainittuja kynnysarvoja 10 km/h korkeampia. Nopeusrajoitusta lasketaan, kun jollakin kaistalla nopeustaso laskee riittävän alas, mutta nopeusrajoituksen nostamiseksi kaikkien kaistojen nopeustason täytyy olla riittävän korkea. Merkin tilaa määriteltäessä ohjelma ottaa huomioon myös muiden merkkien tilan. Hanasaaren kohdalla ohjaus perustuu nopeussuureen lisäksi liikennemäärän kynnysarvoihin. (Uudenmaan tiepiiri & Traficon Oy 1998.)

Järjestelmän toimintalogiikkaa ei käsitellä tässä tämän tarkemmin, koska ohjausjärjestelmä ei toiminut vielä joulukuussa 1999 tarkoitetulla tavalla. Ohjausjär-

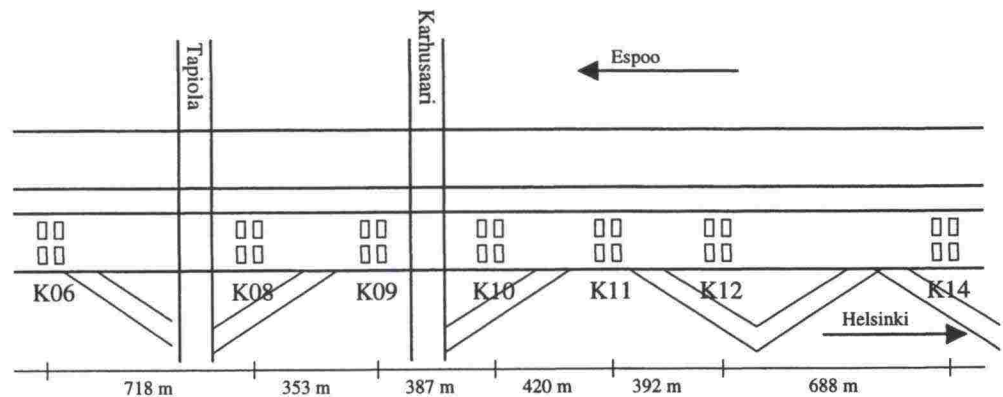
jestelmän puutteellinen toiminta ei haittaa käsillä olevaa tutkimusta, koska tarkoitus on selvittää erilaisten nopeusrajoitusten ja varoitusmerkkien vaikutusta liikennevirtaan eikä järjestelmän toimintaa.

4 Tutkimuksen lähtökohdat

4.1 Rajaukset ja tutkimusasetelma

Tutkimus perustuu ajoneuvokohtaisesta aineistosta määriteltymiin viiden minuutin aggregoituihin keskiarvohavaintoihin eikä tutkimuksessa tarkastella ohjauksessa käytettyjä eksponentiaalisesti tasoitettuja nopeussuureita. Aineisto on ajalta 3. - 23.6. ja 11.11. - 13.12.1999 ja tarkasteluun on valittu kello 6:00 - 22:00 välinen liikenne.

Aineistoa on koottu kesällä seitsemästä ja loppusyksystä kuudesta poikkileikkauksesta (kuva 2). Poikkileikkaukset sijoittuvat Katajaharjun ja Tapiolan välille. Tarkastelussa rajoituttiin niihin Helsingin suunnan poikkileikkauksiin, joiden liikennettä on ohjattu muuttuvilla nopeakäyttö- ja varoitusmerkeillä.



Kuva 2. Tutkimusalueen ilmaisimet ja muuttuvat opasteet sekä näiden väliset etäisyydet.

Länsiväylän muuttuvissa nopeakäyttömerkeissä näytetään nopeakäyttöä 80 km/h, 70 km/h ja 60 km/h. Nopeakäytön lisäksi on mahdollista käyttää liukkaasta tiestä tai ruuhkasta varoittavaa merkkiä. Käytännössä havaintoja oli kaikilta nopeakäyttömerkiltä ilman varoitusmerkkejä, nopeakäytöltä 70 km/h yhdessä liukas ajorata -merkin kanssa ja nopeakäytöltä 60 km/h yhdessä ruuhkavaroituksen kanssa.

Havainnot luokiteltiin kelin ja sään mukaan kuuteen luokkaan: pouta ja kuiva tie, pouta ja kostea tai märkä tie, pouta ja kuuraa tiellä, pouta ja luminen tai jäinen tie, vesisade sekä lumisade. Luokitus tehtiin aggregoimalla tielaitoksen tiesääaseman antamista sade- ja kelitiedoista. Tutkimuksessa käytetty tiesääasema on Lapinlahden sillalla Länsiväylän alkupäässä, noin kahden kilometrin päässä tutkimusalueelta. Olosuhteiden oletettiin olleen tutkimusalueella samat kuin tiesääaseman kohdalla.

Sää- ja keliluokituksen lisäksi havainnot luokiteltiin liikennemäärän perusteella kolmeen luokkaan alle 1 000 ajon./h/kaista, 1000 – 2 000 ajon./h/kaista ja yli 2 000 ajon./h/kaista. Tarkastelu tehtiin erikseen vasemmalle ja oikealle kaistalle. Poikkileikkauskohtaisissa tarkasteluissa havainnot jaettiin luokkiin oikean kaistan liikennemäärän perusteella.

Aineiston keräyksessä oli ongelmana se, etteivät ohjauskojeiden kellot pysyneet oikeassa ajassa. Kellot käytiin korjaamassa oikeaan aikaan noin neljän – viiden päivän välein ja samalla kirjattiin ylös, kuinka paljon kellot olivat edistäneet tai jättäneet. Tarkastelussa kellonaikoja korjattiin sillä oletuksella, että kellot jättivät tai edistivät tasaisesti, eli oletettiin, että jos kello oli jättänyt viidessä päivässä 20 sekuntia, se oli jättänyt 4 sekuntia päivässä.

Toinen ongelma olivat suuret ajoneuvo kohtaisten havaintojen virheprosentit (ilmaisinkohtaisesti 38 – 48 prosenttia). Tässä tarkoitetaan virheellä sitä, että järjestelmä oli ilmoittanut ajoneuvon esimerkiksi vaihtaneen kaistaa ilmaisimen kohdalla tai että ajoneuvon liike oli niin epätasainen, ettei parametrejä voitu mitata luotettavasti. Kaikkien havaintojen kokonaismäärää (virheelliset ja virheettömät yhteenlaskettuna) voitaneen pitää suunnilleen oikeana, koska keskimääräinen liikennemäärä kasvoi aina saapumisrampin jälkeen, pieneni poistumisrampin jälkeen ja pysyi suunnilleen samana linjaosuuksilla. Lisäksi oletusta tukee se, että virheprosentti oli ilmaisinkohtaisesti viikonpäivästä riippumatta lähes vakio.

"Virheettömät" havainnot eivät kuitenkaan olleet satunnaisotos kaikista ajoneuvoista, vaan ero kaikkien havaintojen kokonaismäärän perusteella lasketun liikennemäärän ja "virheettömien" havaintojen keskimääräisen bruttoaikavälin avulla lasketun liikennemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä. Jälkimmäisellä tavalla ("virheettömistä" havainnoista määritelty) liikennemäärä oli merkitsevästi suurempi kuin ensimmäisellä tavalla määritelty liikennemäärä (oikealla kaistalla ero keskimäärin 1 450 ajon./h ja vasemmalla 2 100 ajon./h). Virheilmaisuja vastasi siis suurempi keskimääräinen bruttoaikaväli kuin "virheettömiä" ilmaisuja; ilmaisimet tulkitsivat vapaat ajoneuvot useammin virheellisiksi kuin jonossa ajavat. Tämä täytyy ottaa tuloksia tarkasteltaessa huomioon.

Ohjausmuutoksen oletettiin näkyvän poikkileikkauksessa sen ajan kuluttua itse muutoksesta, joka kyseisen poikkileikkauksen keskimääräistä harmonista keskinopeutta (eli matkanopeutta) ajavalta menisi nopeusrajoitusmerkiltä poikkileikkaukselle ajamiseen.

Jottei liikennetilanne, jossa ohjaus on laitettu päälle, päässyt vaikuttamaan tuloksiin, tarkastelussa päätettiin erottaa ylikysyntätilanteet muista liikennetilanteista. Havainnot, joissa keskinopeus oli alempi kuin 60 km/h, tulkittiin liikennevirran peruskuvaajan perusteella ylikysyntätilanteiksi ja niitä vastaavat havainnot poistettiin tutkimusaineistosta. Ylikysyntähavaintoja oli lähinnä nopeusrajoitukselta 60 km/h. Saatua tuloksia ei siis voi yleistää ylikysyntätilanteisiin.

4.2 Hypoteesit

Kulmala ja Rämä (1998) ovat määritelleet muuttuville nopeusrajoituksille seuraavanlaisia hypoteeseja:

- 1) Suurella liikennemäärällä alennettu nopeusrajoitus tasoittaa liikennevirtaa alentamattomaan nopeusrajoitukseen verrattuna. Käytännössä tasaantuminen ilmenee seuraavalla tavalla.

- ◆ Pistenopeudet kasvavat ja niiden keskihajonta pienenee.
- ◆ Aikavälien varianssi pienenee.

Liikennevirran tasaantumisen myötä tien välityskyvyn käyttöaste paranee. Tasaisemmalla liikennevirralla ajomukavuus paranee, polttoaineen kulutus alenee ja päästöt sekä melupiikit vähenevät.

- 2) Kun nopeusrajoituksen alentamisen syynä on häiriö, voidaan häiriökohdasta ylävirtaan olevalle liikenteelle tehdä seuraavanlaiset hypoteesit perustilaan verrattuna.

- ◆ Nopeudet alenevat ja samalla nopeuksien keskihajonta pienenee.
- ◆ Aikavälit pitenevät.

Seurauksena on vähemmän vaaratilanteita. Tieto häiriöistä parantaa ajomukavuutta, mutta samalla vastuuta häiriötilanteeseen reagoimisesta siirretään järjestelmälle. Polttoaineen kulutus alenee liikennevirran tasaantussa. Myös päästöt ja melu vähenevät.

Koska aineistosta poistettiin liikennevirran peruskuvaaajan epävakaan alueen havainnot (havainnot, joissa keskinopeus oli pienempi kuin 60 km/h), Kulmalan ja Rämän (1998) ensimmäistä hypoteesia ei yllä olevassa muodossa voida tutkia tällä aineistolla. Tilanteeseen sopii paremmin hypoteesiksi, että **suurilla liikennemäärillä alennettu nopeusrajoitus laskee liikennevirran keskinopeutta ja harmonisoi virtaa. Käytännössä tämä näkyy nopeuden laskuna sekä nopeuden ja aikavälien keskihajonnan ja kaistojen välisten erojen pienemisenä.**

Kulmalan ja Rämän (1998) jälkimmäinen hypoteesi on ristiriitainen: Jos keskinopeus alenee ja liikennemäärä pysyy samana, niin kuin sen tällaisessa rampiohjauksettomassa kohteessa voidaan olettaa pysyvän, ei nopeuden alenemisen pitäisi johtaa aikavälien pitenemiseen, kuten hypoteesissa esitellään. Aikavälit voivat pidentyä tai lyhentyä vain, jos liikennemäärä muuttuu (keskimääräinen aikaväli on liikennemäärän käänteisluku), mikä on mahdollista, jos ylävirran liikenne on ruuhkautunut ja nopeusrajoituksen käyttöönotto muuttaa häiriökohdan välityskykyä. Muotoillaan hypoteesi siis muotoon: **Kun nopeusrajoituksen alentamisen syynä on häiriö, nopeudet alenevat ja nopeuksien keski-**

hajonta pienenee häiriökohdasta ylävirtaan olevassa liikenteessä, jolle ruuhkavaroituserkkiä näytetään.

Lisähypoteeseina ovat seuraavat.

- Kun nopeusrajoitusta täydennetään varoituserkillä, nopeudet ovat alhaisempia kuin ilman varoitusta.
- Alennetun nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirran keskinopeuteen on pienillä liikennemäärillä voimakkaampi kuin suurilla liikennemäärillä, koska suuri liikennemäärä laskee keskinopeutta jo itsessään.
- Alennetun nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirtaan on huonolla kelillä pienempi kuin hyvällä kelillä, koska huono keli jo itsessään saa autoilijat ajamaan varovaisemmin.

4.3 Tutkimuksessa käytetty aineisto ja tilastolliset testit

Keskeisiä vaikutuksia ovat siis nopeuden muutokset, muutokset nopeuden ja aikavälien variansseissa sekä liikennevirran tasaantuminen ja välityskyvyn käyttöasteen paraneminen. Liikennevirran tasaantumisen tutkimisessa voidaan vaikutusmittareina käyttää pistenopeusjakauman muotoa kuvaavia muuttujia ja poikkileikkauskohtaisia parametrejä (mm. kaistojen välinen keskinopeusero). Häiriöalttiuden muutosta taas kuvaa mm. kriittisten, alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä. Tien välityskyvyn käyttöasteen muutoksen selvittämisessä voidaan käyttää apuna liikennevirran peruskuvajaa.

Länsiväylän järjestelmä antaa kustakin ilmaisimen ylittäneestä ajoneuvosta seuraavat tiedot: järjestysnumero, päivämäärä, kellonaika, ilmaisin (suunta ja kaista), mahdollinen virheilmoitus, ajoneuvoluokka, nopeus, ilmaisimen varattuna oloaika, nettoaikaväli ja ajoneuvon pituus. Nämä ajoneuvokohtaiset tiedot yhdisteltiin viiden minuutin havainnoiksi, jotka kuvaavat nopeus- ja aikavälijakaumia. Näitä parametrejä olivat liikennemäärä, nopeus₁₅ (nopeus, jonka 15 prosenttia ajoneuvoista alittaa), nopeus₈₅ (nopeus, jonka 15 prosenttia ajoneuvoista ylittää), harmoninen keskinopeus, nopeuden keskihajonta, nopeuden variaatiokerroin, keskimääräinen bruttoaikaväli, alle sekunnin bruttoaikavälien osuus, alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä sekä bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin. Variaatiokerroinella tarkoitetaan jakauman keskihajonnan ja odotusarvon välistä suhdetta. Keskinopeutta lukuun ottamatta kaikki nopeussuureet on laskettu aikajakauman perusteella. Liikennemäärä on määritetty kaikkien havaintojen perusteella, mutta muut suureet on estimoitu ainoastaan "virheettömistä" havainnoista.

Liikennemäärän mukaan tehdyssä jaossa katsottiin, että samaan liikennemääräluokkaan kuuluvien aineistojen liikennemäärien vaihteluväli oli sama. Ilmaisinvirheen aiheuttaman harhan välttämiseksi pidettiin tämän lisäksi huoli, ettei ha-

vaintojen keskimääräisissä bruttoaikaväleissä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Ohjauksen muutoskohtatarkastelussa koottiin aineisto, jossa olivat mukana liikennetilannetta kuvaavat parametrit viideltä muutoshetkeä edeltävältä minuutilta sekä viideltä sitä seuraavalta minuutilta. Muutoskohtatarkastelussa on siis tarkasteltu ainoastaan niitä ohjauksen muutoksia, joissa sekä muutoshetkeä edeltävä että sitä seuraava ohjaus kestivät vähintään viisi minuuttia.

Poikkileikkauskohtaisina parametreinä tutkittiin suunnan kokonaisliikennemäärää, kaistajakaumaa, koko poikkileikkauksen keskinopeutta ja nopeuden keskijakontaa sekä kaistojen välisiä keskinopeuseroja (vasen kaista - oikea kaista). Poikkileikkauskohtaisissa aineistoissa samaan luokkaan kuuluvien aineistojen oikean kaistan liikennemäärän vaihteluväli oli sama eikä liikennemäärän odotusarvojen välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

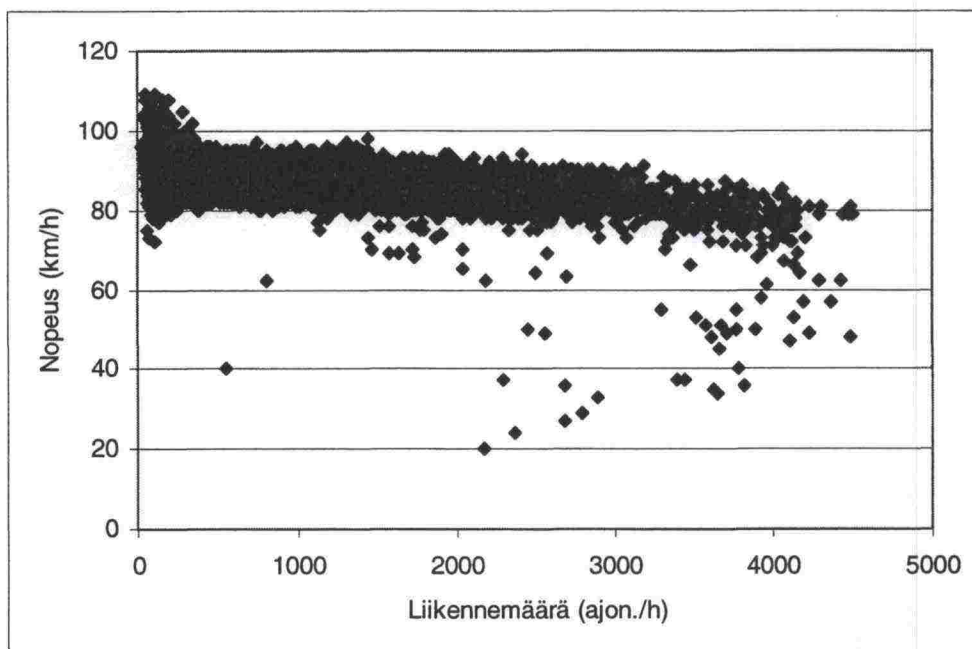
Havaintojoukon jakauman normaalisuus testattiin Wilk-Shapiron-testillä. Luvussa 5.2 esitettyjen erojen merkitsevyydet testattiin normaalijakautuneille muuttujille t-testillä ja ei-normaalijakautuneille rankiluvun summatestillä (rank sum test). Luvun 5.3 muutoskohtia tarkasteltiin normaalijakautuneiden muuttujien osalta pareittaisella t-testillä ja ei-normaalijakautuneiden muuttujien erot testattiin merkkitestillä (sign test). Tilastollisissa tarkasteluissa riskitasoksi valittiin viisi prosenttia. (Milton & Arnold 1990.)

Luvun 5.2 taulukoissa tilastollisesti merkitsevät erot on esitetty suurempi ja pienempi kuin -merkeillä (< ja >). Niitä eroja, jotka eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, on merkitty yhtä suuri kuin -merkillä (=). Luvun 5.3 taulukoissa tilastollisesti merkitsevät erot on merkitty lihavoimalla.

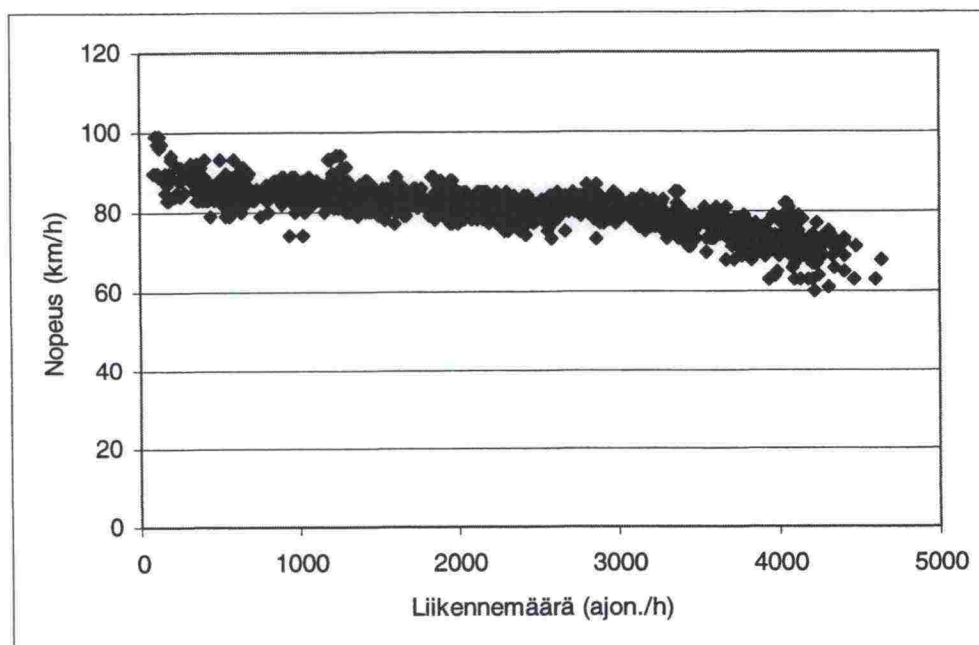
5 Analyysit

5.1 Liikennevirran peruskuvaajat

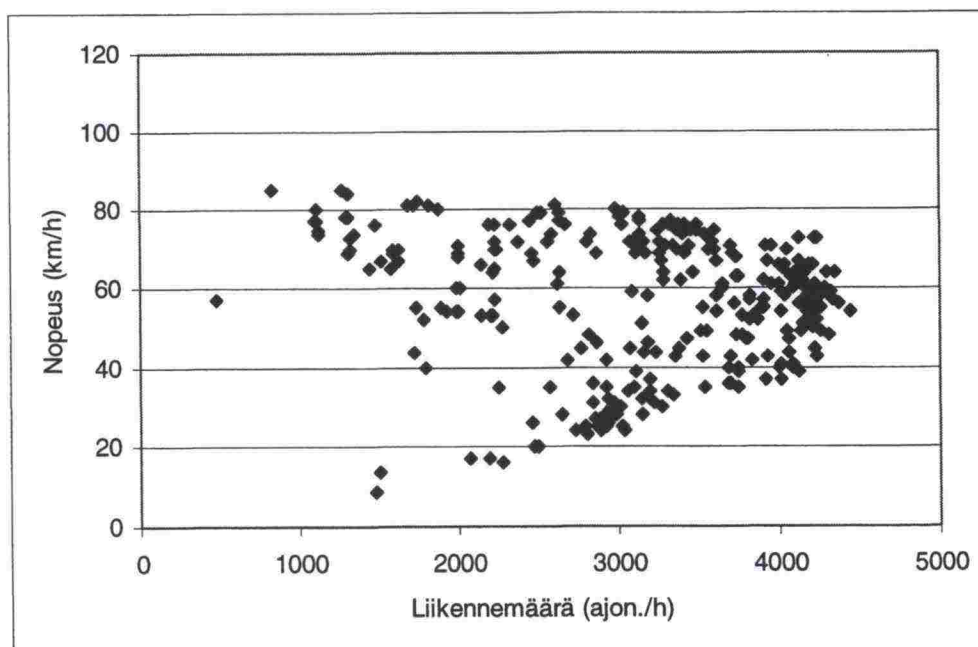
Tutkimus aloitettiin piirtämällä kustakin tutkimusasetelman mukaisesta tilanteesta liikennevirran peruskuvaajaa (liikennemäärä-nopeuskuvaaja) vastaavat havaintopisteet molemmille kaistoille erikseen sekä koko poikkileikkaukselle yhteensä. *Kuvissa 3 - 5* on esimerkit eri nopeusrajoituksilla tulokset saaduista pisteistöistä. Esimerkin havainnot ovat koko poikkileikkaukselle tilanteessa, jossa sää on ollut poutainen ja tienpinta kostea tai märkä. Havainnot ovat yhdistelmä kaikkien poikkileikkausten havainnoista. Liitteessä A on lisää esimerkkejä pisteistöistä.



Kuva 3. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 4. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 70 km/h.



Kuva 5. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 60 km/h.

Säästä ja kelistä riippumatta kaikki pisteistöt olivat hyvin samantapaisia: nopeusrajoituksella 80 km/h oli muutamia havaintoja epävakaan liikennevirran alueelta, nopeusrajoituksella 70 km/h liikennevirta oli pysynyt vakaana ja nopeusrajoituksella 60 km/h liikennevirta oli pääasiassa epävakaa. Liikennevirta käyttäytyi sa-

malla tavalla sekä oikealla että vasemmalla kaistalla ja poikkileikkauksessa keskimäärin. On huomattava, että vaikutusselvitystä varten aineistosta rajattiin pois havainnot, joissa keskinopeus oli alle 60 km/h.

5.2 Liikennevirran ominaisuuksien väliset erot erilaisissa olosuhteissa

5.2.1 Pouta ja kuiva tie

Kun sää oli poutainen ja tienpinta kuiva liikennemääräluokissa alle 1 000 ajon./h/kaista (pieni liikennemäärä) ja yli 2 000 ajon./h/kaista (suuri liikennemäärä) havaintoja oli riittävästi ainoastaan nopeusrajoituksilta 80 ja 70 km/h. Keskimmaisessä luokassa (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista, kohtalainen liikennemäärä) havaintoja oli myös nopeusrajoitukselta 60 km/h. Näissä keli- ja sääolosuhteissa havaintoja ei ollut riittävästi varoitusmerkkien päällä ollessa. Tuloksia tarkastellessa on huomattava, etteivät vasemman ja oikean kaistan tulokset ole täysin vertailukelpoisia keskenään, sillä liikennemäärien vaihtelualue ei ole välttämättä ollut täsmälleen sama.

Liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista, *taulukko 1*) liikennevirta erosi vasemmalla kaistalla nopeusrajoituksilla 70 km/h ja 80 km/h tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan nopeuksien osalta. Nopeusrajoituksella 70 km/h liikennevirran keskinopeus oli keskimäärin 5,3 km/h ja nopeus₁₅ sekä nopeus₈₅ 5,5 km/h alempia kuin nopeusrajoituksella 80 km/h.

Oikealla kaistalla nopeuserot olivat hitaimpien ajoneuvojen osalta suuremmat (ero nopeus₁₅:ssä 6,7 km/h) ja nopeimpien ajoneuvojen kohdalla pienemmät (ero nopeus₈₅:ssä 5,0 km/h) kuin vasemmalla kaistalla. Liikennevirran keskinopeus oli nopeusrajoituksella 70 km/h 5,5 km/h alhaisempi kuin rajoituksella 80 km/h. Kaikki em. nopeuserot olivat tilastollisesti merkitseviä. Oikealla kaistalla nopeuden variaatiokerroin oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi suurempi kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 1. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	Vasen kaista		Oikea kaista	
	70 km/h	80 km/h	70 km/h	80 km/h
Havaintoja	39	14 471	36	10 166
Keskinopeus (km/h)	92,8	< 98,1	83,8	< 89,3
Nopeus ₁₅ (km/h)	84,8	< 90,3	75,9	< 82,6
Nopeus ₈₅ (km/h)	99,1	< 104,6	91,5	< 96,5
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,5	= 7,7	7,6	= 7,3
Nopeuden variaatiokerroin	0,08	= 0,08	0,09	> 0,08
Br.aikavälin keskihajonta (10 ms)	71,6	= 69,2	68,9	= 68,1
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,52	= 0,51	0,48	= 0,47
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	36,1	= 33,8	28,6	= 28,9
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	16,7	= 18,0	15,7	= 15,1

Myös poikkileikkauskohtainen keskinopeus oli alempi ja nopeuden keskihajonta suurempi nopeusrajoituksen ollessa 70 km/h kuin 80 km/h, kun liikennemäärä oli pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista, *taulukko 2*). Kaistajakaumien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja nopeusrajoitusten välillä. Sen sijaan nopeusrajoituksella 70 km/h kaistojen väliset nopeuserot olivat hitaimpien ajoneuvojen osalta (nopeus₁₅ ja keskinopeus) merkitsevästi suuremmat kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 2. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	36		9 920
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	976	=	1 034
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	75,8	=	74,7
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	85,7	<	90,3
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,2	>	8,7
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	11,9	>	9,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	11,9	>	7,9
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	10,0	=	8,0

Liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, *taulukko 3*) vasemman kaistan liikennevirran nopeusjakauksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä. Sen sijaan nopeusrajoituksella 60 km/h nopeudet olivat merkitsevästi edellisiä alempia (keskinopeus 7,1 - 6,4 km/h, nopeus₁₅ 8,6 - 7,4 km/h ja nopeus₈₅ 4,3 - 4,2 km/h). Nopeusrajoituksella 60 km/h myös nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat merkitsevästi suurempia kuin korkeammilla nopeusrajoituksilla.

Oikealla kaistalla nopeudet laskivat aina merkitsevästi nopeusrajoituksen laskiessa. Nopeusrajoituksella 60 km/h nopeuden keskihajonta oli merkitsevästi suu-

rempi kuin korkeammilla nopeusrajoituksilla. Nopeuden variaatiokerroin oli pienin nopeusrajoituksella 80 km/h ja suurin nopeusrajoituksella 60 km/h. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä.

Molemmilla kaistoilla nopeusrajoituksella 80 km/h bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin sekä alle puolen sekunnin bruttoaikavälien osuus olivat merkitsevästi suurempia kuin alemmilla nopeusrajoituksilla. Tosin oikealla kaistalla ero viimeisessä suureessa ei ollut tilastollisesti merkitsevä nopeusrajoitusten 80 km/h ja 60 km/h välillä, vaikka suunta olikin sama. Nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä aikaväleissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 3. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	Vasen kaista					Oikea kaista						
	60 km/ h		70 km/ h		80 km/ h	60 vs. 80	60 km/ h		70 km/ h		80 km/ h	60 vs. 80
Havainnot	23		50		829		40		90		3323	
Keskinopeus (km/h)	81,3	<	87,7	=	88,4	<	71,0	<	78,1	<	83,3	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	74,0	<	81,4	=	82,6	<	63,8	<	71,8	<	76,9	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	90,2	<	94,4	=	94,5	<	79,4	<	85,5	<	90,3	<
Nopeuden keski- hajonta (km/h)	8,0	>	6,3	=	6,0	>	8,0	>	6,8	=	6,8	>
Nopeuden variaa- tokerroin	0,10	>	0,07	=	0,07	>	0,11	>	0,09	>	0,08	>
Bruttoaikavälin kes- kihajonta (10 ms)	57,4	=	58,0	<	60,0	<	60,6	=	61,4	<	62,7	<
Bruttoaikavälin vari- aatiokerroin	0,42	=	0,43	<	0,44	<	0,42	=	0,43	<	0,44	<
Alle 1 s bruttoaika- välien osuus (%)	30,8	=	31,7	=	30,9	=	25,6	=	26,1	=	27,0	=
Alle ½ s nettoaika- välien osuus alle 3 s n.aikaväleistä (%)	9,6	=	9,2	<	11,4	<	10,4	=	10,2	<	11,4	=

Kun liikennemäärä oli kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuiva, suunnan kokonaisliikennemäärä oli pienin ja oikean kaistan osuus liikenteestä suurin nopeusrajoituksella 80 km/h (taulukko 4). Samoin kaistojen väliset nopeuserot olivat suurimmat em. nopeusrajoituksella (Jos liikennettä on vähän, se painottuu oikealle kaistalle, nopeudet ovat suuremmat jne.). Koko poikkileikkauksen keskinopeus laski nopeusrajoituksen laskiessa. Nopeusrajoituksella 70 km/h koko poikkileikkauksen nopeuden keskihajonta oli alhaisempi kuin muilla nopeusrajoituksilla.

Taulukko 4. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	60 km/h		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80
Havaintoja	33		75		3 704	
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	3 047	=	3 004	>	2 214	>
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	47,4	=	48,6	<	66,1	<
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	76,4	<	82,8	<	87,0	<
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,1	>	7,8	<	8,9	=
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	9,0	=	8,8	<	10,9	<
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	9,0	=	9,0	<	10,8	<
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	9,1	=	8,2	<	10,7	<

Nopeusrajoituksella 80 km/h liikennemäärän ollessa suuri (yli 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 5) liikennevirran keskinopeus (ero 6,3 km/h), nopeus₁₅ (ero 7,7) ja nopeus₈₅ (ero 5,2 km/h) olivat molemmilla kaistoilla merkitsevästi suurempia kuin nopeusrajoituksella 70 km/h. Nopeusrajoituksella 70 km/h nopeuden variaatiokerroin oli merkitsevästi suurempi kuin rajoituksella 80 km/h. Oikealla kaistalla myös nopeuden keskihajonta oli merkitsevästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Vasemmalla kaistalla bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat merkitsevästi pienempiä nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Oikealla kaistalla aikavälijakaumissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 5. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on suuri (yli 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	Vasen kaista			Oikea kaista		
	70 km/h		80 km/h	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	33		84	36		95
Keskinopeus (km/h)	78,8	<	85,1	70,1	<	79,4
Nopeus ₁₅ (km/h)	70,9	<	78,6	62,4	<	72,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	87,0	<	92,2	78,9	<	86,6
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,4	=	6,6	7,9	>	6,7
Nopeuden variaatiokerroin	0,10	>	0,08	0,11	>	0,09
Br.aikavälin keskihajonta (10 ms)	50,5	<	52,6	54,5	=	53,5
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,39	<	0,41	0,40	=	0,40
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	30,5	=	32,1	27,7	=	27,9
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	7,9	=	8,4	8,7	=	8,0

Tarkastellaan poikkileikkauskohtaisia parametrejä, kun liikennemäärä oli suuri (yli 2 000 ajon./h/oikea kaista, taulukko 6). Koska koko suunnan liikennemäärä oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi pienempi kuin rajoituksella 70

km/h, oli myös oikean kaistan osuus liikenteestä suurempi. Vastaavasti koko poikkileikkauksen keskinopeus oli korkeampi ja nopeuden keskihajonta merkitsevästi pienempi nopeusrajoituksella 80 km/h kuin rajoituksella 70 km/h. Erot kaistojen välisissä nopeuseroissa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 6. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on suuri (yli 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuiva.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	36		108
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	4 096	>	4 003
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	50,3	<	51,7
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	75,5	<	81,1
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,1	>	8,1
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	9,8	=	4,6
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	9,9	=	5,2
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	9,1	=	3,8

5.2.2 Pouta ja kostea tai märkä tie

Kun sää oli poutainen ja tienpinta kostea tai märkä, havaintoja oli kaikissa liikennemääräluokissa nopeusrajoituksilta 60 km/h, 70 km/h ja 80 km/h. Nopeusrajoituksella 60 km/h havaintoja oli ruuhkavaroituksen kanssa ja ilman.

Liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista, *taulukko 7*) liikennevirroissa oli vasemmalla kaistalla tilastollisesti merkitseviä eroja ainoastaan nopeuksissa. Nopeusrajoituksen laskiessa liikennevirran keskinopeus, nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ laskivat merkitsevästi. Lisäksi nopeusrajoituksella 60 km/h em. nopeudet olivat merkitsevästi pienempiä silloin, kun ruuhkavaroituksen merkki ei ollut päällä, verrattuna tilanteeseen, jossa se oli päällä. Nopeusrajoituksen laskiessa nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat merkitsevästi. Nopeusrajoituksella 60 km/h nopeuden keskihajonnassa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ruuhkavaroituksella ja ilman, mutta nopeuden variaatiokerroin oli merkitsevästi pienempi ruuhkavaroituksen kanssa.

Taulukko 7. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä. RV tarkoittaa ruuhkavaroitusta.

	60 km/h		60 km/h + RV		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80	60 + RV vs. 80	60 vs. 70
Havaintoja	46		95		786		13742			
Keskinopeus (km/h)	79,5	<	87,9	<	91,6	<	94,0	<	<	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	70,2	<	79,3	<	83,9	<	86,9	<	<	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	87,7	<	95,8	<	98,3	<	100,0	<	<	<
Nopeuden keskihajonta (km/h)	8,5	=	8,4	>	7,2	>	6,9	>	>	>
Nopeuden variaatiokerroin	0,11	>	0,10	>	0,08	>	0,07	>	>	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	70,7	=	67,3	=	68,7	=	69,2	=	=	=
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,51	=	0,49	=	0,50	=	0,50	=	=	=
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	33,2	=	31,6	=	32,3	=	32,6	=	=	=
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	17,0	=	15,9	=	16,7	=	17,2	=	=	=

Oikealla kaistalla liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista, taulukko 8) liikennevirran keskinopeus, nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ laskivat sekä nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat merkitsevästi aina nopeusrajoituksen laskiessa. Nopeusrajoituksella 70 km/h alle sekunnin bruttoaikavälien osuus oli merkitsevästi pienempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h. Aikavälien jakaumissa ei ollut muita tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 8. Liikennevirran tunnusluvut oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä. RV tarkoittaa ruuhkavaroitusta.

	60 km/h + RV		70 km/h		80 km/h	60 + RV vs. 80
Havaintoja	84		450		8 699	
Keskinopeus (km/h)	76,7	<	82,3	<	86,9	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	67,8	<	74,7	<	80,4	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	85,6	<	90,2	<	93,7	<
Nopeuden keskihajonta (km/h)	8,8	>	7,7	>	6,9	>
Nopeuden variaatiokerroin	0,12	>	0,09	>	0,08	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	69,4	=	68,3	=	68,6	=
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,48	=	0,47	=	0,47	=
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	27,5	=	27,4	<	28,4	=
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	16,3	=	15,4	=	15,3	=

Kun liikennemäärä oli pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista), suunnan kokonaisliikennemäärä oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi suurempi ja siten oikean kaistan osuus liikenteestä pienempi kuin alemmilla nopeusrajoituksilla (taulukko 9). Kun nopeusrajoitus laski, laski koko poikkileikkauksen keskinopeus ja nopeuden keskihajonta kasvoi. Kaistojen väliset nopeuserot olivat pienimmät nopeusrajoituksella 80 km/h. Kaistojen välinen nopeusero oli hitaimpien ajoneuvojen osalta (ero nopeus₁₅:ssä) merkitsevästi suurempi nopeusrajoituksella 60 km/h, johon oli liitetty ruuhkavaroitusero, kuin nopeusrajoituksella 70 km/h ilman varoitusta.

Taulukko 9. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä.

	60 km/h + RV		70 km/h		80 km/h	60 + RV vs. 80
Havaintoja	54		341		11 004	
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	879	=	920	<	1 017	<
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	79,4	=	77,2	>	70,4	>
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	80,2	<	85,1	<	87,9	<
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	10,3	>	9,1	>	8,2	>
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	11,6	=	10,2	>	6,5	>
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	12,4	>	10,1	>	6,2	>
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	9,7	=	8,9	>	5,6	>

Vasemmalla kaistalla liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 10) nopeusjakauman lisäksi aikavälijakaumassa oli tilastollisesti merkitseviä eroja eri ohjausten välillä. Vastaavasti kuin pienillä liikennemäärillä nopeudet laskivat aina nopeusrajoituksen lasiessa ja nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat. Nopeusrajoituksella 80 km/h bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat suuremmat kuin alemmilla nopeusrajoituksilla. Myös pienten aikavälien osuudet olivat kaikkein suurimmat nopeusrajoituksella 80 km/h.

Taulukko 10. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä.

	60 km/h		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80
Havaintoja	49		257		1 389	
Keskinopeus (km/h)	75,8	<	80,1	<	84,8	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	68,7	<	74,0	<	79,1	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	84,3	<	86,8	<	90,9	<
Nopeuden keskihajonta	7,6	>	6,3	>	6,0	>
Nopeuden variaatiokerroin	0,10	>	0,08	>	0,07	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	60,0	=	59,2	<	63,3	<
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,43	=	0,42	<	0,45	<
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	27,1	=	26,5	<	28,6	=
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	10,6	=	9,8	<	12,7	<

Liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, *taulukko 11*) liikennevirran keskinopeus, nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ laskivat oikealla kaistalla merkitsevästi aina nopeusrajoituksen laskiessa. Kun nopeusrajoituksen 60 km/h yhteydessä näytettiin ruuhkavaroituserkkiä em. nopeudet olivat merkitsevästi korkeampia kuin tilanteissa, joissa ruuhkavaroitusta ei näytetty. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat pienimmät nopeusrajoituksella 80 km/h ja suurimmat nopeusrajoituksella 60 km/h. Sillä oliko nopeusrajoitukseen 60 km/h liitetty ruuhkavaroituserkki vai ei, ei ollut eroa näissä suureissa.

Bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat merkitsevästi pienempiä nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h (ilman ruuhkavaroitusta) kuin rajoituksella 70 km/h. Kun nopeusrajoitukseen 60 km/h oli liitetty ruuhkavaroituserkki, bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat merkitsevästi suurempia kuin ilman varoituserkkiä. Alle sekunnin bruttoaikavälien osuus oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi suurempi kuin rajoituksella 70 km/h. Alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä oli pienin nopeusrajoituksella 70 km/h.

Taulukko 11. Liikennevirran tunnusluvut oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä. RV tarkoittaa ruuhkavaroitusta.

	60 km/ h		60 km/h + RV		70 km/ h		80 km/ h	60 vs. 80	60 + RV vs. 80	60 vs. 70
Havaintoja	60		57		739		5214			
Keskinopeus (km/h)	67,6	<	72,0	<	75,7	<	81,6	<	<	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	60,5	<	64,9	<	69,0	<	75,2	<	<	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	76,0	<	80,0	<	83,1	<	88,5	<	<	<
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,6	=	7,3	>	6,9	>	6,7	>	>	>
Nopeuden variaatiokerroin	0,11	=	0,10	>	0,09	>	0,08	>	>	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	62,8	<	65,0	>	62,3	<	64,4	<	=	=
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,43	<	0,45	>	0,43	<	0,45	<	=	=
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	25,4	=	26,8	=	25,2	<	26,7	=	=	=
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	11,5	=	12,8	>	11,3	<	12,6	=	=	=

Kun liikennemäärä oli kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), suunnan kokonaisliikennemäärä oli pienin ja oikean kaistan osuus liikenteestä suurin nopeusrajoituksella 80 km/h ja vastaavasti kokonaisliikennemäärä suurin ja oikean kaistan osuus liikenteestä pienin nopeusrajoituksella 60 km/h ilman ruuhkavaroitusmerkkiä (taulukko 12). Koko poikkileikkauksen keskinopeus laski nopeusrajoituksen laskiessa. Nopeusrajoituksella 60 km/h, johon oli liitetty ruuhkasta varoitettava merkki, keskinopeus oli korkeampi kuin vastaavalla nopeusrajoituksella ilman varoitussmerkkiä. Koko poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta oli nopeusrajoituksella 70 km/h pienempi kuin muilla ohjauksilla. Kaistojen väliset nopeuserot olivat suurimmat nopeusrajoituksella 80 km/h ja pienimmät nopeusrajoituksella 60 km/h ilman ruuhkavaroitusmerkkiä. Kaistojen välisissä nopeuseroissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, kun verrattiin nopeusrajoitusta 70 km/h rajoitukseen 60 km/h, jota oli täydennetty ruuhkavaroitusmerkillä.

Taulukko 12. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä.

	60 km/h		60 km/h + RV		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80	60 + RV vs. 80	60 vs. 70
Havainnot	52		55		549		5 732			
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	2 584	>	2 302	=	2 365	>	1 983	>	>	=
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	54,8	<	61,2	=	58,4	<	66,9	<	<	=
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	71,3	<	76,6	<	81,2	<	85,1	<	<	<
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	8,8	=	8,9	>	8,5	<	8,6	=	=	=
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	7,9	<	10,0	=	9,7	<	10,5	<	=	<
Kaistojen ero nopeus _{15'} ssä (km/h)	6,9	<	10,0	=	9,6	<	10,6	<	=	<
Kaistojen ero nopeus _{85'} ssä (km/h)	8,0	<	9,9	=	9,1	<	10,0	<	=	<

Liikennemäärän ollessa suuri (yli 2 000 ajon./h/kaista, *taulukko 13*) nopeudet laskivat molemmilla kaistoilla aina, kun nopeusrajoitus laski. Nopeusrajoituksella 60 km/h nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat vasemmalla kaistalla suuremmat kuin ylemmillä nopeusrajoituksilla. Vasemmalla kaistalla nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä ei ollut näissä suureissa tilastollisesti merkitseviä eroja. Oikealla kaistalla sitä vastoin nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat nopeusrajoituksella 70 km/h suuremmat kuin rajoituksella 80 km/h.

Vasemmalla kaistalla alle sekunnin bruttoaikavälien osuus oli nopeusrajoituksella 80 km/h pienempi kuin rajoituksella 60 km/h. Oikealla kaistalla bruttoaikavälien keskihajonta oli nopeusrajoituksella 70 km/h suurempi kuin rajoituksella 80 km/h. Aikavälijakaumissa ei ollut muita tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 13. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on suuri (yli 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä.

	Vasen kaista					Oikea kaista		
	60 km/h		70 km/h		80 km/h 60 vs. 80	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	56		145		62	55		46
Keskinopeus (km/h)	67,7	<	76,4	<	79,4	67,4	<	78,1
Nopeus ₁₅ (km/h)	60,1	<	69,4	<	72,3	60,3	<	71,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	76,6	<	84,1	<	87,2	75,9	<	84,7
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,7	>	6,9	=	7,0	7,4	>	6,2
Nopeuden variaatiokerroin	0,12	>	0,09	=	0,09	0,11	>	0,08
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	52,6	=	52,6	=	52,7	54,8	>	53,6
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,39	=	0,39	=	0,40	0,40	=	0,39
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	27,2	=	28,7	=	29,7	27,0	=	27,5
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	7,4	=	7,4	=	7,4	7,8	=	7,5

Kun liikennemäärä oli suuri (yli 2 000 ajon./h/oikea kaista, taulukko 14), kaistojen väliset nopeuserot olivat merkittävästi suurempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Nopeusrajoituksella 70 km/h poikkileikkauksen keskinopeus oli alhaisempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h.

Taulukko 14. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on suuri (yli 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kostea tai märkä.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	91		65
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	4 077	=	4 020
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	51,1	=	52,0
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	72,0	<	78,4
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	7,9	=	7,5
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	4,5	>	1,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	5,2	>	1,0
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	3,5	>	0,6

5.2.3 Pouta ja kuurainen tie

Poutaiselta säältä, kun tie oli kuurainen, havaintoja oli ainoastaan liikennemääräluokista pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista) ja kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista). Pienillä liikennemäärillä havaintoja oli nopeusrajoituksilta 70 km/h ja 80 km/h, kohtalaisilla liikennemäärillä lisäksi oikealta kaistalta nopeusrajoitukselta 60 km/h.

Liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista, *taulukko 15*) liikennevirta erosi tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan nopeusjakaumien osalta. Nopeudet olivat molemmilla kaistoilla merkitsevästi alempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Vasemmalla kaistalla nopeuden variaatiokerroin oli merkitsevästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 15. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kuurassa.

	Vasen kaista			Oikea kaista		
	70 km/h		80 km/h	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	54		1 448	30		1 283
Keskinopeus (km/h)	88,6	<	91,7	81,8	<	86,9
Nopeus ₁₅ (km/h)	81,5	<	84,9	75,1	<	79,9
Nopeus ₈₅ (km/h)	95,2	<	97,4	89,0	<	93,6
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,0	=	6,8	7,4	=	7,1
Nopeuden variaatiokerroin	0,08	>	0,07	0,09	=	0,08
Br.aikavälin keskihajonta (10 ms)	66,8	=	69,1	67,9	=	69,7
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,46	=	0,50	0,46	=	0,49
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	28,0	=	32,1	27,4	=	29,6
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	14,0	=	17,2	14,3	=	16,5

Poikkileikkauskohtaisista parametreistä (*taulukko 16*) nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä ainoastaan poikkileikkauksen keskinopeudessa oli tilastollisesti merkitsevä ero. Keskinopeus oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi alempi kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 16. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuurassa.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	29		646
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	1 064	=	1 091
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	74,4	=	73,0
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	82,7	<	85,9
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	8,2	=	8,2
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	9,3	=	8,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	8,6	=	7,7
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	8,6	=	6,5

Liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, *taulukko 17*) nopeudet olivat vasemmalla kaistalla merkitsevästi alempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Samoin nopeuden variaatiokerroin oli merkitsevästi suurempi ja bruttoaikavälien keskihajonta merkitsevästi pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin nopeusrajoituksella 80 km/h. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Oikealla kaistalla nopeus laski aina nopeusrajoituksen laskiessa. Ainoan poikkeuksen tekivät nopeimmat ajoneuvot, joiden nopeuksissa (nopeus_{85}) ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä. Nopeuden keskihajonta oli nopeusrajoituksella 60 km/h suurempi kuin ylemmillä nopeusrajoituksilla. Nopeuden variaatiokerroin kasvoi aina nopeusrajoituksen laskiessa. Nopeusrajoituksella 80 km/h bruttoaikavälien variaatiokerroin, alle sekunnin bruttoaikavälien osuus ja alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä olivat suurempia kuin nopeusrajoituksella 70 km/h.

Taulukko 17. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie kuurassa.

	Vasen kaista			Oikea kaista					
	70 km/h		80 km/h	60 km/h		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80
Havaintoja	68		77	20		61		261	
Keskinopeus (km/h)	72,7	<	81,3	67,2	<	72,5	<	79,6	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	66,7	<	75,4	59,8	<	66,0	<	73,2	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	79,1	<	87,6	76,2	=	79,5	<	86,5	<
Nopeuden keskihajonta (km/h)	6,2	=	6,0	8,2	>	6,6	=	6,7	>
Nopeuden variaatiokerroin	0,09	>	0,07	0,12	>	0,09	>	0,08	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	61,3	<	63,1	64,4	=	63,6	=	64,5	=
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,42	=	0,43	0,43	=	0,43	<	0,44	=
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	24,6	=	25,4	23,5	=	23,0	<	25,3	=
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	11,2	=	11,9	12,3	=	10,8	<	12,1	=

Kun liikennemäärä oli kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), suunnan kokonaisliikennemäärä oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi suurempi ja oikean kaistan osuus liikenteestä pienempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h (taulukko 18). Nopeusrajoituksella 80 km/h koko poikkileikkauksen keskinopeus ja nopeuden keskihajonta olivat korkeampia kuin rajoituksella 70 km/h. Myös kaistojen väliset nopeuserot olivat merkitsevästi suuremmat.

Taulukko 18. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie kuurassa.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	99		71
Kokonaisliikennemäärä	2 881	>	2 560
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	54,7	<	60,4
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	73,9	<	80,3
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	7,7	<	8,3
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	4,3	<	8,2
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	4,3	<	8,5
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	4,2	<	7,6

5.2.4 Pouta ja luminen tai jäinen tie

Poutaiselta säältä, kun tie oli luminen tai jäinen, havaintoja oli ainoastaan liikennemääräluokista pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista) ja kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista). Havainnot olivat nopeusrajoituksilta 70 km/h ja 80 km/h.

Liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista, *taulukko 19*) liikennevirrat erosivat tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan nopeuksien osalta. Nopeudet olivat molemmilla kaistoilla merkitsevästi alempia ja nopeuden variaatiokerroin merkitsevästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Oikealla kaistalla myös nopeuden keskihajonta oli merkitsevästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 19. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie luminen tai jäinen.

	Vasen kaista		Oikea kaista	
	70 km/h	80 km/h	70 km/h	80 km/h
Havaintoja	165	1 289	99	815
Keskinopeus (km/h)	88,3	< 92,5	80,2	< 86,2
Nopeus ₁₅ (km/h)	81,1	< 85,6	72,5	< 79,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	94,8	< 98,3	88,2	< 92,7
Nopeuden keskihajonta (km/h)	6,9	= 6,8	7,9	> 6,8
Nopeuden variaatiokerroin	0,08	> 0,07	0,10	> 0,08
Br.aikavälin keskihajonta (10 ms)	69,1	= 67,7	68,6	= 68,6
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,50	= 0,48	0,47	= 0,47
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	32,7	= 31,1	28,6	= 28,1
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	17,3	= 16,3	15,0	= 15,2

Kun liikennemäärä oli pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista, *taulukko 20*), poikkileikkauskohtainen keskinopeus oli merkitsevästi alhaisempi ja nopeuden keskihajonta suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Nope-

usrajoituksella 70 km/h kaistojen välinen nopeusero oli hitaimpien ajoneuvojen osalta suurempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h.

Taulukko 20. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie luminen tai jäinen.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	60		836
Liikennemäärä (ajon./h)	1 055	=	980
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	72,1	=	74,5
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	82,7	<	86,9
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,1	>	8,0
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	7,9	=	7,5
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	8,6	>	6,8
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	6,0	=	6,4

Liikennemäärän ollessa kohtalainen (taulukko 21) nopeudet olivat nopeusrajoituksella 70 km/h alemmat kuin rajoituksella 80 km/h. Oikealla kaistalla nopeuden keskihajonta oli merkittävästi pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 21. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista), sää poutainen ja tie luminen tai jäinen.

	Vasen kaista		Oikea kaista	
	70 km/h	80 km/h	70 km/h	80 km/h
Havaintoja	36	33	78	402
Keskinopeus (km/h)	75,7	< 82,6	76,2	< 81,3
Nopeus ₁₅ (km/h)	70,6	< 76,9	70,0	< 74,9
Nopeus ₈₅ (km/h)	81,7	< 88,4	83,1	< 88,2
Nopeuden keskihajonta (km/h)	5,7	= 5,8	6,5	< 6,8
Nopeuden variaatiokerroin	0,08	= 0,07	0,09	= 0,08
Br.aikavälin keskihajonta (10 ms)	63,5	= 65,2	63,1	= 64,1
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,43	= 0,44	0,44	= 0,45
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	23,8	= 25,0	25,3	= 26,7
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	11,8	= 11,8	12,6	= 12,8

Ainoat tilastollisesti merkitsevät erot poikkileikkauskohtaisissa parametreissa (taulukko 22) olivat erot kaistajakaumassa ja poikkileikkauksen keskinopeudessa. Nopeusrajoituksella 70 km/h oikean kaistan osuus liikenteestä ja keskinopeus olivat merkittävästi pienempiä kuin rajoituksella 80 km/h. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 22. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää poutainen ja tie luminen tai jäinen.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	69		453
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	1 953	=	1 798
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	67,1	<	71,2
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	79,7	<	84,5
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	8,6	=	8,5
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	9,6	=	10,8
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	9,5	=	10,7
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	9,0	=	10,1

5.2.5 Vesisade

Vesisateella havaintoja oli pienillä liikennemäärillä (alle 1 000 ajon./h/kaista) riittävästi ainoastaan nopeusrajoituksilla 70 km/h ja 80 km/h. Kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) havaintoja oli näiden lisäksi nopeusrajoitukselta 60 km/h. Suurilla liikennemäärillä (yli 2 000 ajon./h/kaista) havaintoja oli nopeusrajoituksilta 60 km/h ja 70 km/h ja ainoastaan vasemmalta kaistalta.

Pienellä liikennemäärällä (taulukko 23) liikennevirrat erosivat tilastollisesti merkittävästi kummallakin kaistalla ainoastaan nopeusjakaumien osalta. Nopeudet olivat molemmilla kaistoilla kaikkien ajoneuvojen osalta merkittävästi alhaisempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Lisäksi nopeuden variaatiokerroin oli merkittävästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Oikealla kaistalla myös nopeuden keskihajonnassa ero oli merkittävä.

Taulukko 23. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista) ja sataa vettä.

	Vasen kaista			Oikea kaista		
	70 km/h		80 km/h	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	151		3 464	55		2 425
Keskinopeus (km/h)	88,6	<	92,4	80,0	<	85,9
Nopeus ₁₅ (km/h)	81,0	<	85,4	72,7	<	79,2
Nopeus ₈₅ (km/h)	95,4	<	98,3	87,8	<	92,8
Nopeuden keskihajonta	7,0	=	6,8	7,7	>	7,0
Nopeuden variaatiokerroin	0,08	>	0,07	0,10	>	0,08
Bru.aikavälin keskihajonta (10 ms)	67,1	=	68,9	70,6	=	69,3
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,48	=	0,49	0,48	=	0,47
Alle 1 s br.aikavälien osuus (%)	31,2	=	31,6	28,0	=	27,6
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	17,1	=	17,1	15,7	=	15,5

Ainoat tilastollisesti merkitsevät erot poikkileikkauskohtaisissa parametreissa (taulukko 24) olivat, että nopeusrajoituksella 70 km/h koko poikkileikkauksen keskinopeus oli alhaisempi ja nopeuden keskihajonta suurempi kuin rajoituksella 80 km/h. Kaistojen välisissä nopeuseroissa tai kaistajakaumassa nopeusrajoitusten väliset erot eivät olleet merkitseviä.

Taulukko 24. Poikkileikkauskohtaiset tunnusluvut, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) ja sataa vettä.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	40		2 425
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	1 001	=	1 009
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	73,9	=	73,0
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	82,6	<	86,8
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,0	>	8,2
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	8,0	=	8,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	6,8	=	7,6
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	7,4	=	6,5

Kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 25) liikennevirta erosi eri ohjauksilla tilastollisesti merkitsevästi sekä nopeusjakauman että aikavälien osalta. Liikennevirran keskinopeus, nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ olivat aina merkitsevästi pienempiä alemmalla nopeusrajoituksella. Ainoan poikkeuksen teki vasen kaista, jolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa nopeus₁₅:ssä nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä.

Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat vasemmalla kaistalla nopeusrajoituksella 80 km/h pienempiä kuin alemmilla nopeusrajoituksilla. Bruttoaikavälien keskihajonta sitä vastoin oli nopeusrajoituksella 60 km/h alhaisempi kuin ylempillä rajoituksilla. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Oikealla kaistalla nopeuden variaatiokerroin kasvoi merkitsevästi aina nopeusrajoituksen laskiessa. Bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi suuremmat kuin rajoituksella 70 km/h. Lisäksi alle sekunnin bruttoaikavälien osuus oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi suurempi kuin alemmilla rajoituksilla ja alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi pienempi kuin muilla nopeusrajoituksilla.

Taulukko 25. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) ja sataa vettä.

	Vasen kaista					Oikea kaista				
	60 km/h		70 km/h		80 km/h vs. 80	60 km/h		70 km/h		80 km/h vs. 80
Havaintoja	31		60		46	33		124		835
Keskinopeus (km/h)	75,5	<	78,8	<	85,7	68,0	<	74,4	<	80,7
Nopeus ₁₅ (km/h)	68,4	=	71,7	<	80,1	61,2	<	68,0	<	74,2
Nopeus ₈₅ (km/h)	84,3	<	86,4	<	91,5	75,1	<	81,7	<	87,7
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,6	=	7,0	>	5,7	6,8	=	6,7	=	6,9
Nopeuden variaatiokerroin	0,10	=	0,09	>	0,07	0,10	>	0,09	>	0,09
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	55,5	<	57,2	=	57,8	62,6	=	61,1	<	64,6
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,40	=	0,41	=	0,42	0,43	=	0,42	<	0,44
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	26,8	=	27,4	=	27,3	23,3	=	23,5	<	25,4
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s n.aikaväleistä (%)	8,6	=	9,3	=	9,9	12,5	>	10,6	<	12,6

Kun liikennemäärä oli kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), suunnan kokonaisliikennemäärä oli vesisateella suurin nopeusrajoituksella 60 km/h ja pienin rajoituksella 80 km/h (taulukko 26). Oikean kaistan osuutta tarkasteltaessa, tilanne oli luonnollisesti päinvastainen. Koko poikkileikkauksen keskinopeus ja nopeuden keskihajonta sekä kaistojen väliset nopeuserot kasvoivat nopeusrajoituksen kasvaessa. Ainoana poikkeuksena oli, ettei ero kaistojen välisessä erossa nopeus₈₅:ssä ollut merkitsevä nopeusrajoitusten 80 km/h ja 70 km/h välillä.

Taulukko 26. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista) ja sataa vettä.

	60 km/h		70 km/h		80 km/h	60 vs. 80
Havaintoja	30		139		506	
Kokonaisliikennemäärä	3 176	>	2 505	>	2 171	>
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	42,8	<	58,7	<	64,5	<
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	72,0	<	78,5	<	83,6	<
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	7,6	<	8,4	<	8,7	<
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	6,2	<	9,4	<	10,4	<
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	6,3	<	8,9	<	10,7	<
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	7,1	<	9,5	=	9,7	<

Suurilla liikennemäärillä (yli 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 27) nopeudet olivat vasemmalla kaistalla nopeusrajoituksella 60 km/h merkitsevästi alempia kuin

nopeusrajoituksella 70 km/h. Ero keskinopeudessa oli 8,0 km/h, nopeus₁₅:ssä 7,0 km/h ja nopeus₈₅:ssä 9,8 km/h. Myös nopeuden keskihajonta oli nopeusrajoituksella 60 km/h merkittävästi pienempi kuin rajoituksella 70 km/h. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 27. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla kaistalla, kun liikennemäärä on suuri (yli 2 000 ajon./h/kaista) ja sataa vettä.

	60 km/h		70 km/h
Havaintoja	19		36
Keskinopeus (km/h)	67,0	<	75,0
Nopeus ₁₅ (km/h)	60,6	<	67,6
Nopeus ₈₅ (km/h)	74,2	<	84,0
Nopeuden keskihajonta (km/h)	6,5	<	7,8
Nopeuden variaatiokerroin	0,10	=	0,11
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	53,1	=	52,3
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,38	=	0,38
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	24,3	=	24,9
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	5,8	=	6,5

5.2.6 Lumisade

Lumisateella havaintoja oli nopeusrajoituksella 70 km/h kelivaroituksella ja ilman sekä nopeusrajoituksella 80 km/h ilman varoituksia. Havaintoja oli pieniltä (alle 1 000 ajon./h/kaista) ja kohtalaisilta (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) liikennemääriltä.

Pienillä liikennemäärillä (alle 1 000 ajon./h/kaista, *taulukko 28*) liikennevirrat erosivat tilastollisesti merkittävästi eri ohjauksella vasemmalla kaistalla ainoastaan nopeusjakauman osalta. Kun nopeusrajoitukseen 70 km/h oli liitetty liukkaasta ajoradasta varoittava merkki, nopeudet olivat kaikkien ajoneuvojen osalta merkittävästi alhaisempia kuin ilman lisämerkkiä tai nopeusrajoituksella 80 km/h. Nopeusrajoituksella 80 km/h nopeudet olivat korkeammat ja nopeuden variaatiokerroin pienempi kuin nopeusrajoituksella 70 km/h. Nopeusrajoituksella 80 km/h nopeuden keskihajonta oli merkittävästi pienempi kuin nopeusrajoituksella 70 km/h ilman varoitusmerkkiä. Varoitusmerkillä täydennettynä nopeusrajoituksella 70 km/h nopeuden variaatiokerroin oli suurempi kuin ilman varoitusmerkkiä.

Myös oikealla kaistalla nopeudet olivat suurimmat nopeusrajoituksella 80 km/h ja pienimmät, kun nopeusrajoitus oli laskettu 70 km/h:iin ja liukkaasta ajoradasta kertova merkki oli päällä. Nopeuden keskihajonta oli merkittävästi suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h ilman varoitusmerkkiä, verrattuna tilanteeseen, jossa nopeusrajoitus oli 80 km/h tai kun alennettua nopeusrajoitusta oli täydennetty liukkaasta ajoradasta kertovalla varoitusmerkillä. Nopeuden variaatiokerroin taas oli nopeusrajoituksella 80 km/h pienempi kuin rajoituksella 70 km/h varoitusmerkillä tai ilman. Alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin

nettoaikaväleistä oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi pienempi kuin nopeusrajoituksella 70 km/h (ilman varoitusta). Muut erot pienien aikavälien osuuksissa eivät olleet merkitseviä.

Taulukko 28. Liikennevirran tunnusluvut vasemmalla ja oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/kaista) ja sataa lunta. LA tarkoittaa liukas ajorata -merkkiä.

	Vasen kaista					Oikea kaista						
	70 km/ h		70 km/h + LA		80 km/ h	70 vs. 80	70 km/ h		70 km/h + LA		80 km/ h	70 vs. 80
Havaintoja	218		113		529		106		61		345	
Keskinopeus (km/h)	84,7	>	74,9	<	90,0	<	76,5	>	69,5	<	83,3	<
Nopeus ₁₅ (km/h)	77,5	>	67,1	<	83,0	<	69,3	>	63,0	<	76,8	<
Nopeus ₈₅ (km/h)	91,6	>	81,0	<	95,8	<	84,6	>	76,7	<	90,2	<
Nopeuden kes- kihajonta (km/h)	7,1	=	6,7	=	6,5	>	7,5	>	6,7	=	6,9	>
Nopeuden vari- aatiokerroin	0,08	<	0,09	>	0,07	>	0,10	=	0,10	>	0,08	>
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	70,5	=	68,7	=	70,3	=	69,1	=	68,3	=	68,6	=
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,49	=	0,48	=	0,50	=	0,47	=	0,46	=	0,47	=
Alle 1 s br.aika- välien osuus (%)	29,6	=	28,7	=	30,6	=	27,3	=	27,6	=	26,9	=
Alle ½ s nettoai- kavälien osuus alle 3 s nettoai- kaväleistä (%)	16,3	=	17,4	=	17,1	=	16,6	=	16,6	=	15,2	>

Oikean kaistan osuus liikenteestä oli nopeusrajoituksella 70 km/h ilman varoitusta merkitsevästi pienempi ja koko poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta suurempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h tai rajoituksella 70 km/h, kun nopeusrajoitusta on täydennetty liukkaasta ajoradasta kertovalla merkillä (taulukko 29). Koko poikkileikkauksen keskinopeus oli nopeusrajoituksella 80 km/h merkitsevästi korkeampi kuin rajoituksella 70 km/h ja nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi korkeampi silloin, kun varoitusmerkki ei ollut päällä, verrattuna tilanteeseen, jossa se oli päällä. Kaistojen välisissä nopeuseroissa ei ollut merkitseviä eroja.

Taulukko 29. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) ja sataa lunta. LA tarkoittaa liukas ajorata -merkkiä.

	70 km/h		70 km/h + LA		80 km/h	70 vs. 80
Havaintoja	124		53		398	
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	1 096	=	1 059	=	1 060	=
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	72,8	<	74,2	=	74,0	<
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	78,7	>	68,7	<	84,4	<
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	8,8	>	8,1	=	8,2	>
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	9,4	=	8,0	=	8,7	=
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	9,1	=	7,5	=	8,5	=
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	8,0	=	5,6	=	7,2	=

Kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 30) nopeudet olivat kaikkien ajoneuvojen osalta oikealla kaistalla suuremmat nopeusrajoituksella 80 km/h kuin rajoituksella 70 km/h. Nopeuden variaatiokerroin oli sitä vastoin merkitsevästi suurempi ja bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin pienempiä nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Nopeusrajoituksella 70 km/h alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä oli merkitsevästi pienempi kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 30. Liikennevirran tunnusluvut oikealla kaistalla, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) ja sataa lunta. LA tarkoittaa liukas ajorata -merkkiä.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	76		120
Keskinopeus (km/h)	72,4	<	80,7
Nopeus ₁₅ (km/h)	65,6	<	74,0
Nopeus ₈₅ (km/h)	79,9	<	87,8
Nopeuden keskihajonta (km/h)	7,2	=	6,9
Nopeuden variaatiokerroin	0,10	>	0,09
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	65,0	<	67,1
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,43	<	0,45
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%)	23,1	=	24,6
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%)	11,9	<	14,1

Kun liikennemäärä oli kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), kokonaisliikennemäärä oli merkitsevästi suurempi ja oikean kaistan osuus liikenteestä pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h (taulukko 31). Koko poikkileikkauksen keskinopeus oli merkitsevästi korkeampi nopeusrajoituksella 80 km/h kuin rajoituksella 70 km/h. Nopeuden keskihajonnassa ei ollut merkitsevää eroa. Nopeusrajoituksella 70 km/h kaistojen välinen ero nopeimpien

ajoneuvojen nopeuksissa (keskinopeudessa ja nopeus₈₅:ssä) oli suurempi kuin rajoituksella 80 km/h.

Taulukko 31. Poikkileikkauskohtaiset parametrit, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/poikkileikkaus) ja sataa lunta.

	70 km/h		80 km/h
Havaintoja	106		58
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	1 872	>	1 729
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%)	67,4	<	70,4
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	74,9	<	81,8
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	9,2	=	8,9
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	11,9	>	11,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	11,8	=	11,1
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	11,7	>	10,0

5.3 Ohjausmuutoksen vaikutukset liikennevirtaan

5.3.1 Muutokset nopeusrajoituksen noustessa

Nopeusrajoituksen nousun vaikutuksia liikennevirtaan on selvitetty tilanteista, joissa nopeusrajoitus nousi 70 km/h:sta 80 km/h:iin ja 60 km/h:sta 70 km/h:iin. Jälkimmäisestä ohjausmuutoksesta oli havaintoja ainoastaan oikealta kaistalta kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) poudalla, kun tienpinta oli kostea tai märkä. Ohjausmuutoksesta 70 km/h:sta 80 km/h:iin havaintoja oli pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) vasemmalta kaistalta kaikilta sää- ja kelitilanteista ja oikealta kaistalta poudalla, kun tienpinta oli kostea, märkä tai kuurassa, sekä vesisateella. Kohtalaisella liikennemäärällä havaintoja oli vasemmalta kaistalta poudalla, kun tienpinta oli kuiva, kostea tai märkä. Oikealta kaistalta havaintoja oli näiden lisäksi vielä tilanteista, joissa oli poutaa ja tienpinta oli luminen tai jäinen sekä vesisateelta.

Kun nopeusrajoitusta nostettiin poutasäällä tienpinnan ollessa kostea tai märkä 60 km/h:sta 70 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä, oikean kaistan liikennevirta muuttui nopeusjakauman suhteen (taulukko 32). Kaikkien ajoneuvojen nopeudet kasvoivat merkittävästi ja nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pienivät. Aikavälijakaumassa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Taulukko 32. Muutokset oikean kaistan liikennevirrassa, kun nopeakrajoitus nousee 60 km/h:sta 70 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Muutos
Havaintoja	24
Keskinopeus (km/h)	4,7
Nopeus ₁₅ (km/h)	5,2
Nopeus ₈₅ (km/h)	3,4
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,7
Nopeuden variaatiokerroin	-0,02
Liikennemäärä (ajon./h)	-59
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	1,1
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,01
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	0,1
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	0,2

Suunnan kokonaisliikennemäärä laski, koko poikkileikkauksen keskinopeus kasvoi ja nopeuden keskihajonta pieneni, kun nopeakrajoitus nostettiin 60 km/h:sta 70 km/h:iin liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista) poutasäällä, kun tie oli kostea tai märkä (taulukko 33). Muutokset kaistajakautumassa tai kaistojen välisissä nopeuseroissa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 33. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissa nopeakrajoituksen noustessa 60 km/h:sta 70 km/h:iin, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista), sää on poutainen ja tie kostea tai märkä. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Muutos
Havaintoja	24
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	-199
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	1,3
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	4,8
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	-0,7
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	0,8
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	1,1
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	0,9

Kun nopeakrajoitusta nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista), kaikkien ajoneuvojen nopeudet kasvoivat merkittävästi poutasäällä kostealla, märällä, lumisella tai jäisellä keliillä sekä lumisateella (taulukko 34). Poutasäällä ja kuuraisella tiellä ero oli merkitsevä ainoastaan keskinopeuden ja nopeus₁₅:n osalta ja vesisateella keskinopeuden osalta. Poutasäällä ja kuivalla tiellä nopeakrajoituksen nostolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta nopeuksiin. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pieneni.

nivät merkitsevästi nopeusrajoituksen nousun myötä. Poutasäällä ja kostealla tai märällä kelillä sekä lumisateella liikennemäärä pieneni ja kuuraisella tiellä kasvoi hieman, mutta merkitsevästi. Poutasäällä ja lumisella tai jäisellä tiellä alle sekunnin bruttoaikavälien osuus pieneni hieman nopeusrajoituksen nousun myötä. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 34. Muutokset vasemman kaistan liikennevirrassa pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus nousee 70 km/h:sta 80 km/h:iin. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta				Vesisade	Lumisade
	Kuiva	Kosteatai märkä	Kuuraa	Luminentai jäinen		
Havaintoja	27	395	32	54	52	42
Keskinopeus (km/h)	0,7	1,6	1,8	1,9	1,0	4,0
Nopeus ₁₅ (km/h)	1,4	2,3	2,2	2,2	1,4	4,3
Nopeus ₈₅ (km/h)	0,5	1,0	1,2	1,7	-0,3	3,1
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,7	-0,3	-0,4	-0,1	-0,7	-0,9
Nopeuden variaatiokerroin	-0,01	-0,004	-0,01	-0,00	-0,01	-0,01
Liikennemäärä (ajon./h)	-34	-17	70	41	-5	-55
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	-0,2	-0,4	1,5	-1,2	2,3	-2,9
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	-0,02	-0,01	-0,00	-0,03	0,02	0,01
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	-3,6	-0,5	0,4	-4,0	0,8	2,5
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	-3,5	-0,1	1,4	-1,5	-0,0	-0,8

Nopeusrajoituksen noustessa pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) 70 km/h:sta 80 km/h:iin poutasäällä, kun tienpinta oli kostea tai märkä, nopeudet nousivat oikealla kaistalla (taulukko 35). Ainoastaan vesisateella muutos nopeimpien ajoneuvojen nopeudessa (nopeus₈₅) ei ollut merkitsevä. Nopeuden keskihajonta pieneni merkitsevästi kostealla tai märällä kelillä sekä vesisateella. Nopeuden variaatiokerroin sitä vastoin pieneni merkitsevästi kaikilla keleillä nopeusrajoituksen nousun seurauksena.

Vesisateella liikennemäärä kasvoi hieman, mutta merkitsevästi nopeusrajoituksen nousun myötä. Poutasäällä märällä tai kostealla kelillä bruttoaikavälien keskihajonta ja alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä pienenivät merkitsevästi.

Taulukko 35. Muutokset oikean kaistan liikennevirrassa erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus nousee 70 km/h:sta 80 km/h:iin pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista). Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta		Vesi- sade
	Kosteaa tai märkä	Kuuraa	
Havaintoja	266	27	38
Keskinopeus (km/h)	2,3	3,4	2,1
Nopeus ₁₅ (km/h)	3,3	4,3	3,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	1,4	2,1	0,9
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,8	-0,5	-0,9
Nopeuden variaatiokerroin	-0,01	-0,01	-0,01
Liikennemäärä (ajon./h)	11	-34	56
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	-2,2	-1,7	-1,6
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	-0,01	-0,02	-0,02
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	-0,0	-1,2	-2,1
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	-1,5	-3,0	-1,7

Suunnan kokonaisliikennemäärä pieneni merkitsevästi lumisateella ja oikean kaistan osuus liikenteestä kasvoi poutasäällä ja kostealla tai märällä kelillä, kun nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista, *taulukko 36*). Koko poikkileikkauksen keskinopeus kasvoi merkitsevästi kaikilla keleillä ja koko poikkileikkauksen nopeuden keskihajonta pieneni merkitsevästi poutasäällä kostealla, märällä tai kuuraisella tiellä. Poutasäällä kostealla tai märällä kelillä kaistojen välinen ero kaikkien ajoneuvojen nopeuksissa pieneni merkitsevästi nopeusrajoituksen noustessa. Kuurasäällä kaistojen välinen ero hitaimpien ajoneuvojen nopeuksissa (ero nopeus_{15:ssä}) kasvoi merkitsevästi.

Taulukko 36. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissa nopeusrajoituksen noustessa 70 km/h:sta 80 km/h:iin erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/ oikea kaista). Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta			Vesi- sade	Lumi- sade
	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen	Kuurainen		
Havaintoja	220	21	35	22	27
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	12	84	34	-19	-73
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	0,7	-3,0	-1,1	0,7	2,5
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	2,3	2,3	2,8	1,3	2,9
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	-0,6	-0,1	-0,9	-0,7	0,0
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	-0,8	0,7	-1,2	0,0	1,5
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	-0,9	0,7	-3,1	0,9	2,0
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	-1,1	1,0	-0,2	-1,2	2,1

Kun nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajo./h/kaista) poutasäällä tien ollessa kuiva, kostea tai märkä, nopeudet kasvoivat (taulukko 37). Hitaimpien ajoneuvojen nopeus nousi enemmän kuin nopeimpien. Muut erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 37. Muutokset vasemman kaistan liikennevirrassa, kun nopeusrajoitus nousee 70 km/h:sta 80 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista) poudalla erilaisissa keliolosuhteissa. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Kuiva	Kostea tai märkä
Havaintoja	43	77
Keskinopeus (km/h)	2,2	1,8
Nopeus ₁₅ (km/h)	2,9	2,1
Nopeus ₈₅ (km/h)	1,7	1,5
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,3	-0,3
Nopeuden variaatiokerroin	-0,01	-0,01
Liikennemäärä (ajon./h)	39	-33
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	0,1	0,5
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	-0,01	-0,00
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	-2,6	0,0
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	-0,9	0,1

Nostettaessa nopeusrajoitusta 70 km/h:sta 80 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista), kun sää oli poutainen ja tie kuiva, nopeudet kasvoivat oikealla kaistalla vesisadetta lukuun ottamatta kaikilla keleillä (taulukko 38). Poutasäällä kuivalla kelillä nopeuden variaatiokerroin pieneni merkittävästi. Kostealla tai märällä kelillä variaatiokertoimen lisäksi nopeuden

keskihajonta pieneni nopeusrajoituksen noustessa. Poutasäällä lumisella tai jäisellä tiellä bruttoaikavälin variaatiokerroin kasvoi merkitsevästi.

Taulukko 38. Muutokset oikean kaistan liikennevirrassa kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus nousee 70 km/h:sta 80 km/h:iin. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta			Vesi- sade
	Kuiva	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen	
Havaintoja	55	24	34	35
Keskinopeus (km/h)	2,1	4,7	2,4	0,9
Nopeus ₁₅ (km/h)	2,2	5,2	2,4	1,1
Nopeus ₈₅ (km/h)	1,6	3,4	2,3	0,2
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,3	-0,7	0,0	-0,4
Nopeuden variaatiokerroin	-0,01	-0,02	-0,00	-0,01
Liikennemäärä (ajon./h)	-6	-59	-34	16
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	1,1	1,1	2,7	-1,3
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,01	0,01	0,03	-0,01
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	1,1	0,1	3,5	-2,3
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	1,4	0,2	2,1	-0,5

Suunnan kokonaisliikennemäärä pieneni hieman, mutta merkitsevästi poutasäällä lumisella tai jäisellä tiellä sekä vesisateella, kun nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista, *taulukko 39*). Tällöin oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni merkitsevästi poutasäällä kuivalla tiellä sekä vesisateella. Nopeusrajoituksen noustessa koko poikkileikkauksen keskinopeus kasvoi merkitsevästi kaikilla keleillä ja keskihajonta pieneni vesisadetta lukuun ottamatta. Kaistojen välisissä nopeuseroissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Taulukko 39. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissa nopeusrajoituksen noustessa 70 km/h:sta 80 km/h:iin erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista). Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta			Vesi- sade
	Kuiva	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen	
Havaintoja	47	244	23	44
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	-27	-34	71	-76
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	-1,3	0,9	-1,6	-0,4
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	2,3	1,6	2,3	1,5
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	-0,4	-0,2	-0,6	-0,0
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	-0,3	-0,0	-0,3	0,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	0,1	0,5	-0,2	0,0
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	-0,0	0,1	0,0	-0,8

5.3.2 Muutokset nopeusrajoituksen laskiessa

Nopeusrajoituksen laskemisesta oli havaintoja nopeusrajoitusmuutoksesta 80 km/h:sta 60 km/h:iin, jota on täydennetty ruuhkavaroituserkillä, pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista), kun on ollut poutaa ja tie on ollut kostea tai märkä, ja rajoitusmuutoksesta 80 km/h:sta 70 km/h:iin erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa pienellä ja kohtalaisella (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) liikennemäärällä.

Kun poutasäällä tienpinnan oli kostea tai märkä ja liikennemäärä pieni ohjauksen muuttuessa 80 km/h -nopeusrajoituksesta 60 km/h:iin, jota on täydennetty ruuhkavaroituserkillä, nopeusjakauman parametrit muuttuivat molemmilla kaistoilla, mutta aikavälijakaumassa ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia (taulukko 40). Molemmilla kaistoilla hitaimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän kuin nopeimpien (nopeus₁₅:ssä ero oli 7,1 – 9,8 km/h ja nopeus₈₅:ssä 5,1 – 5,8 km/h). Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat molemmilla kaistoilla.

Taulukko 40. Muutokset liikennevirrassa, kun nopeusrajoitus laskee 80 km/h:sta 60 km/h:iin ja päälle kytketään ruuhkavaroituserkki pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) poudalla tienpinnan ollessa kostea tai märkä. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Vasen kaista	Oikea kaista
Havaintoja	59	46
Keskinopeus (km/h)	-6,3	-8,1
Nopeus ₁₅ (km/h)	-7,1	-9,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	-5,1	-5,8
Nopeuden keskihajonta (km/h)	1,1	1,6
Nopeuden variaatiokerroin	0,02	0,03
Liikennemäärä (ajon./h)	1	19
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	-1,7	1,8
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	-0,01	0,02
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	-0,4	1,3
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	-0,7	1,6

Kun nopeusrajoitus laskettiin 80 km/h:sta 60 km/h:iin ja ruuhkavaroituserkki laitettiin päälle liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) poutasäällä kostealla tai märällä tiellä (taulukko 41), koko poikkileikkauksen keskinopeus laski ja nopeuden keskihajonta kasvoi. Kaistojen välinen nopeusero kasvoi merkitsevästi hitaimpien ajoneuvojen osalta (ero nopeus₁₅:ssä).

Taulukko 41. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissä, kun nopeusrajoitus laskee 80 km/h:sta 60 km/h:iin ja ruuhkavaroituserkki kytketään päälle, liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) poutasäällä, kun tie on kostea tai märkä. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Muutos
Havaintoja	43
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	29
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	-0,2
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	-7,9
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	1,8
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	1,5
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	2,7
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	0,4

Kun nopeusrajoitus laskettiin 80 km/h:sta 70 km/h:iin pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista), nopeudet laskivat kaikilla keleillä (*taulukko 42*). Ainoa poikkeus oli muutos nopeimpien ajoneuvojen nopeuksissa lumisateella. Tämä muutos oli samansuuntainen kuin muilla keleillä, mutta se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Poutasäällä kostealla tai märällä kelillä nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat nopeusrajoituksen laskun myötä. Vesisateella liikennemäärä kasvoi hieman, mutta merkitsevästi. Poutasäällä lumisella tai jäisellä tiellä bruttoaikavälien variaatiokerroin ja alle sekunnin bruttoaikavälien osuus pienenivät merkitsevästi nopeusrajoituksen laskiessa.

Taulukko 42. Muutokset vasemman kaistan liikennevirrassa pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus lasketaan 80 km/h:sta 70 km/h:iin. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta		Vesisade	Lumisade
	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen		
Havaintoja	379	52	56	41
Keskinopeus (km/h)	-1,3	-1,8	-1,7	-2,2
Nopeus ₁₅ (km/h)	-2,2	-2,3	-2,4	-3,8
Nopeus ₈₅ (km/h)	-0,6	-1,2	-1,5	-0,6
Nopeuden keskihajonta (km/h)	0,5	0,2	0,5	0,8
Nopeuden variaatiokerroin	0,01	0,00	0,01	0,01
Liikennemäärä (ajon./h)	9	-13	24	5
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	-0,3	1,3	-1,2	2,9
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,00	-0,02	-0,02	0,03
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	0,4	-3,9	-2,4	3,1
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	0,1	-1,2	-2,7	3,7

Nopeudet laskivat oikealla kaistalla nopeusrajoituksen laskiessa 80 km/h:sta 70 km/h:iin pienellä liikennemäärällä (*taulukko 43*). Tosin vesisateella muutokset nopeus₁₅:ssä ja nopeus₈₅:ssä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Poutasäällä

kostealla tai märällä kelillä nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat nopeusrajoituksen laskun myötä. Lumisella tai jäisellä kelillä ainoastaan nopeuden variaatiokertoimen kasvu oli merkitsevä. Poutasäällä ja kostealla tai märällä kelillä liikennemäärä laski ja vesisateella kasvoi hieman, mutta merkitsevästi. Muut muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 43. Muutokset oikean kaistan liikennevirrassa pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus lasketaan 80 km/h:sta 70 km/h:iin. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta		Vesi- sade	Lumi- sade
	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen		
Havaintoja	244	30	35	31
Keskinopeus (km/h)	-1,9	-2,5	-1,9	-3,1
Nopeus ₁₅ (km/h)	-3,3	-2,9	-1,6	-2,7
Nopeus ₈₅ (km/h)	-0,9	-1,9	-1,0	-2,6
Nopeuden keskihajonta (km/h)	0,9	0,9	0,3	-0,5
Nopeuden variaatiokerroin	0,01	0,01	0,00	-0,00
Liikennemäärä (ajon./h)	-13	-21	63	-23
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	0,1	-0,3	0,2	2,0
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	-0,00	0,01	-0,01	0,01
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	-0,9	2,1	-1,0	-1,1
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s netto- aikaväleistä (%-yksikköä)	0,3	0,1	-0,7	1,4

Poutasäällä kostealla tai märällä kelillä suunnan kokonaisliikennemäärä pieneni hieman ja vesisateella se kasvoi (taulukko 44), kun nopeusrajoitus laskettiin 80 km/h:sta 70 km/h:iin liikennemäärän ollessa pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista). Molemmat muutokset olivat tilastollisesti merkitseviä. Vesisateella oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni merkitsevästi. Koko poikkileikkauksen keskinopeus laski kaikilla keleillä nopeusrajoituksen laskun myötä ja poutakelillä kostealla tai märällä tiellä nopeuden keskihajonta kasvoi merkitsevästi. Viimeksi mainitulla kelillä kaistojen väliset erot keskinopeudessa ja nopeus₁₅:ssä kasvoivat merkitsevästi. Lumisateella kaistojen välinen ero nopeus₈₅:ssä kasvoi nopeusrajoituksen laskun myötä.

Taulukko 44. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissa nopeusrajoituksen laskiessa 80 km/h:sta 70 km/h:iin, kun liikennemäärä on pieni (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta		Vesi- sade	Lumi- sade
	Kostea tai märkä	Luminen tai jäinen		
Havaintoja	215	30	31	28
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	-12	-28	108	-13
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	-0,5	-0,1	-0,5	-1,6
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	-1,8	-2,2	-1,7	-2,4
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	0,8	0,6	0,1	0,5
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	0,7	0,3	0,3	1,1
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	1,1	0,5	-1,2	-0,9
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	0,7	0,6	0,0	2,6

Alle sekunnin bruttoaikavälien osuus kasvoi vasemman kaistan liikennevirrassa nopeusrajoituksen laskiessa 80 km/h:sta 70 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä poutasäällä, kun tie oli kuiva (taulukko 45). Tienpinnan ollessa kostea tai märkä kaikkien ajoneuvojen nopeudet laskivat. Muut muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 45. Muutokset vasemman kaistan liikennevirrassa, kun nopeusrajoitus lasketaan 80 km/h:sta 70 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) poudalla. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Kuiva	Kostea tai märkä
Havaintoja	35	73
Keskinopeus (km/h)	-0,4	-1,7
Nopeus ₁₅ (km/h)	-0,5	-1,6
Nopeus ₈₅ (km/h)	-0,5	-1,8
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,5	-0,1
Nopeuden variaatiokerroin	-0,01	0,00
Liikennemäärä (ajon./h)	-75	17
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	0,7	-0,4
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,02	-0,00
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	4,6	-0,9
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	1,0	-0,4

Kun nopeusrajoitusta laskettiin 80 km/h:sta 70 km/h:iin kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista, taulukko 46), poutasäällä ja kuivalla kelillä keskinopeus ja nopeus₈₅ laskivat oikealla kaistalla merkitsevästi. Kun tienpinta oli poutasäällä kostea tai märkä tai kun satoi vettä, kaikki nopeudet laskivat. Nopeimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän kuin hitaimpien. Vesisateella nopeuden keskihajonta pieneni merkitsevästi. Poutasäällä kostealla tai märällä

kelillä liikennemäärä pieneni nopeusrajoituksen muutoksen johdosta. Muut muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukko 46. Muutokset oikean kaistan liikennevirrassa kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa, kun nopeusrajoitus laskee 80 km/h:sta 70 km/h:iin. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

	Pouta		Vesi- sade
	Kuiva	Kosteaa tai märkä	
Havaintoja	54	239	43
Keskinopeus (km/h)	-0,9	-1,2	-2,7
Nopeus ₁₅ (km/h)	-0,4	-1,0	-2,6
Nopeus ₈₅ (km/h)	-1,2	-1,4	-3,1
Nopeuden keskihajonta (km/h)	-0,4	-0,2	-0,6
Nopeuden variaatiokerroin	-0,00	-0,00	-0,00
Liikennemäärä (ajon./h)	-21	-34	4
Bruttoaikavälin keskihajonta (10 ms)	0,5	-0,4	0,4
Bruttoaikavälin variaatiokerroin	0,01	-0,00	-0,00
Alle 1 s bruttoaikavälien osuus (%-yksikköä)	1,3	-0,4	-0,9
Alle ½ s nettoaikavälien osuus alle 3 s nettoaikaväleistä (%-yksikköä)	0,4	0,1	-0,1

Poutakelillä kuivalla tiellä tai lumisella ja jäisellä kelillä suunnan kokonaisliikennemäärä laski merkitsevästi, kun nopeusrajoitus alennettiin 80 km/h:sta 70 km/h:iin liikennemäärän ollessa kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista, taulukko 47). Koko poikkileikkauksen keskinopeus laski kaikilla keleillä nopeusrajoituksen laskun myötä. Poutasäällä kostealla tai märällä tiellä oikean kaistan osuus liikenteestä ja kaistojen välinen ero nopeus₁₅:ssä pienenivät merkitsevästi.

Taulukko 47. Muutokset poikkileikkauskohtaisissa parametreissa nopeusrajoituksen laskiessa 80 km/h:sta 70 km/h:iin, kun liikennemäärä on kohtalainen (1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista) erilaisissa sää- ja keliolosuhteissa. Tilastollisesti merkitsevät muutokset on merkitty lihavoimalla.

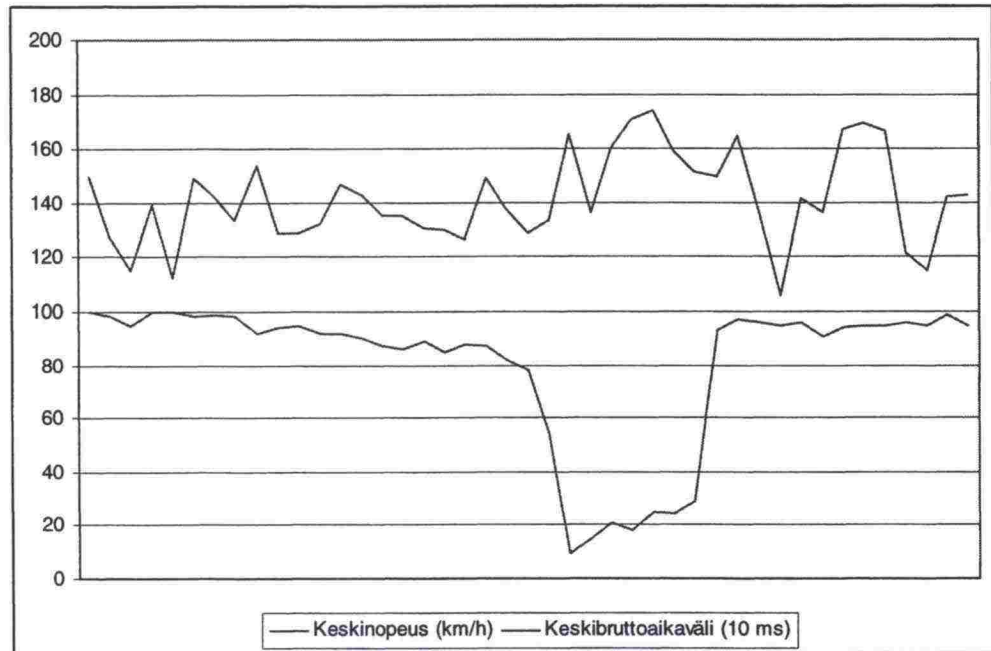
	Pouta			Vesi- sade
	Kuiva	Kosteaa tai märkä	Luminen tai jäinen	
Havaintoja	54	238	26	42
Kokonaisliikennemäärä (ajon./h)	-91	-19	-34	50
Oikean kaistan osuus liikenteestä (%-yksikköä)	0,8	-0,9	-1,0	-1,1
Poikkileikkauksen keskinopeus (km/h)	-0,7	-1,2	-2,2	-2,8
Poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta (km/h)	-0,3	-0,1	0,3	0,0
Kaistojen keskinopeuksien ero (km/h)	0,7	-0,2	0,3	0,0
Kaistojen ero nopeus ₁₅ :ssä (km/h)	0,1	-0,8	-0,2	-0,6
Kaistojen ero nopeus ₈₅ :ssä (km/h)	0,5	-0,1	0,2	0,8

5.4 Liikenteen aamuhuipun aikasarjatarkastelu

Ylikysyntätilanteita tarkasteltiin aikasarjojen avulla poikkileikkauksissa K08 ja K12 sellaisina aamuina, joina keskinopeus oli laskenut voimakkaasti. Aikasarjat piirrettiin aikajaksolle klo 6:30 – 10:00. Poikkileikkauksessa K08 nopeudet laskivat aamun ylikysyntätilanteissa alle 20 km/h:iin, kun taas poikkileikkauksessa K12 alhaisimmat viiden minuutin keskinopeudet olivat luokkaa 45 km/h.

Liikennemäärä vaikutti olevan huono parametri suurien nopeuden muutosten ennakoimiseen. Poikkileikkauksessa K08 nopeuden laskeutumisessa voimakkaasti, liikennemäärä oli oikealla kaistalla noin 1 000 ajon./h ja vasemmalla noin 1 600 ajon./h. Oikealla kaistalla liikennemäärä pysyi samalla tasolla pidemmän aikaa ennen keskinopeuden äkillistä laskua. Vasemmalla kaistalla voitiin havaita selvempi nouseva trendi liikennemäärässä, mutta sielläkään mitään tiettyä liikennemäärätasoa ei voitu katsoa syyksi ylikysyntätilanteen syntyyn. Poikkileikkauksessa K12 liikennemäärä oli oikealla kaistalla tyyppillisesti noin luokkaa 1 300 ajon./h ja vasemmalla kaistalla 1 400 ajon./h nopeuden lähtiessä laskemaan. Nopeuden muutokset eivät olleet kyseisessä poikkileikkauksessa yhtä voimakkaita kuin poikkileikkauksessa K08.

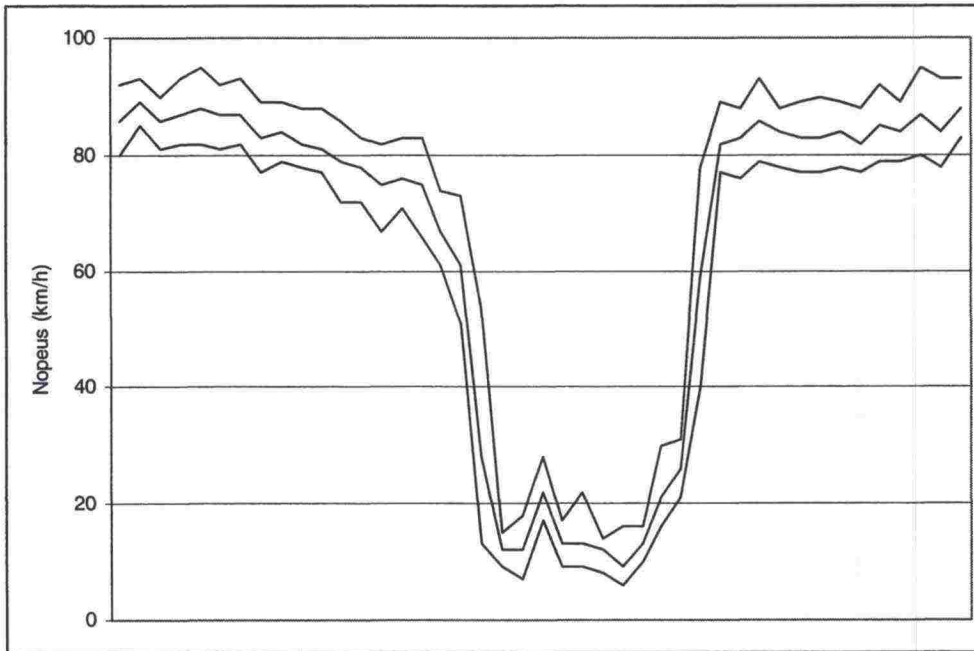
Keskimääräinen bruttoaikaväli vaihteli satunnaisesti eikä siinä havaittu muutosta kysynnän kasvaessa. Vasemmalla kaistalla keskimääräisen bruttoaikavälin saattoi katsoa hieman kasvavan ylikysyntätilanteen aikana (*kuva 6*). Bruttoaikavälin keskihajonnassa ei tapahtunut muutoksia suurien nopeuden muutosten aikana. Aikavälien variaatiokerroin vaihteli ylikysyntätilanteen aikana jonkin verran voimakkaammin kuin muuten, muttei niin selvästi, että sitä voitaisiin käyttää ylikysynnän indikaattorina. Lyhyiden aikavälien osuudet ja varausaste vaihtelivat satunnaisesti eikä niissä ollut havaittavissa muutoksia ylikysyntätilanteen aikana.



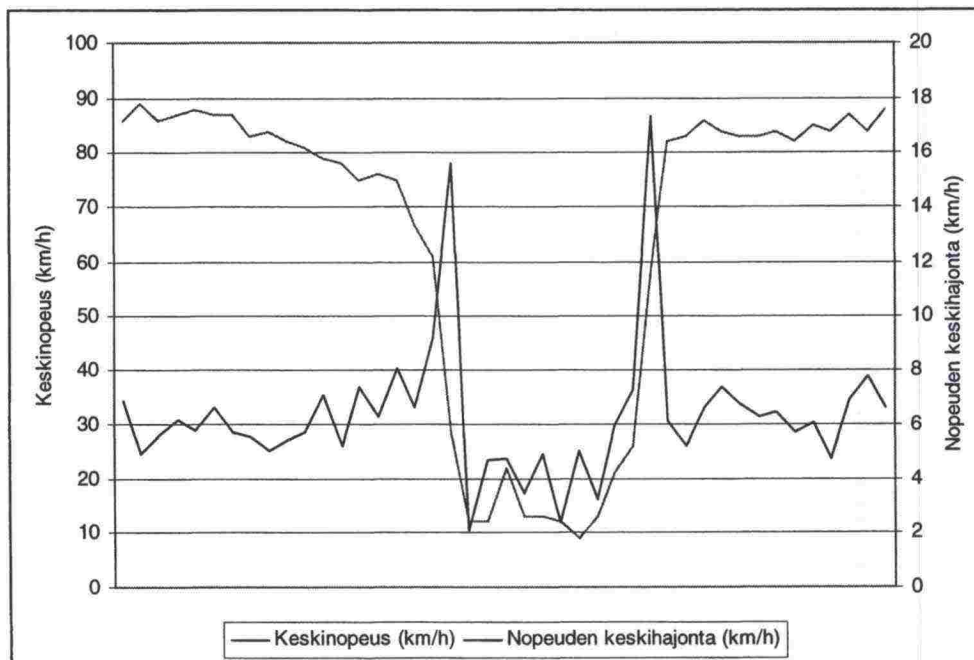
Kuva 6. Keskimääräinen bruttoaikaväli (ylempi viiva) ja keskinopeus (alempi viiva) vasemmallä kaistalla poikkileikkauksessa K08 28.11.1999 aamun ylikysynnän aikana.

Kumpikaan nopeus₁₅:stä tai nopeus₈₅:stä ei näyttänyt ennakoivan tulevaa nopeuden voimakasta laskua (kuva 7). Nopeuksien keskihajonta sen sijaan kasvoi jyrkästi nopeuden muutoskohdassa (kuva 8). Nopeuden variaatiokerroin vaihteli hyvin voimakkaasti ylikysyntätilanteen aikana (kuva 9).

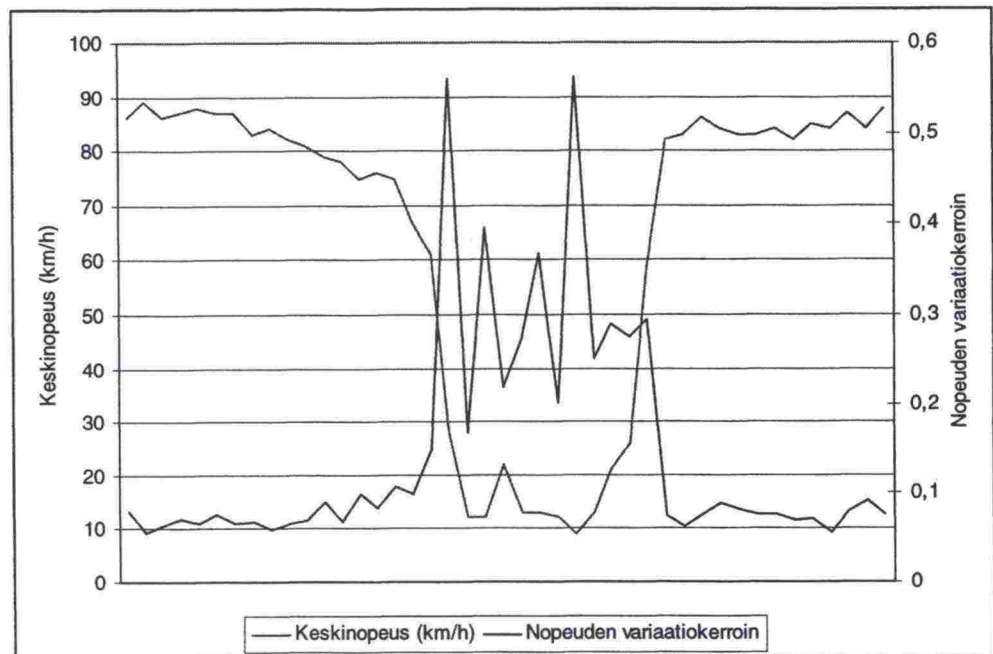
Nopeuden keskihajonta oli normaalissa liikennetilanteessa alle 8 km/h. Nopeuden suurten muutosten aikana keskihajonta nousi oikealla kaistalla poikkileikkauksessa K08 (usein reilusti) yli 10 km/h:iin, joskus jopa 30 km/h:iin. Vasemmallä kaistalla vaihtelua oli hieman enemmän ja nopeuden keskihajonta saattoi kasvaa välillä hetkeksi ilman suurempia keskinopeuden muutoksia. Poikkileikkauksessa K12, jossa ylikysyntätilanteen seuraamukset olivat lievempiä, keskihajonta kasvoi yli 8 km/h:iin, arvot olivat kuitenkin pienempiä kuin poikkileikkauksessa K08.



Kuva 7. Keskinopeus, nopeus_{15} ja nopeus_{85} oikealla kaistalla poikkileikkauksessa K08 16.11.1999 aamun ylikysynnän aikana.



Kuva 8. Keskinopeus ja nopeuden keskihajonta oikealla kaistalla poikkileikkauksessa K08 16.11.1999 aamun ylikysynnän aikana.



Kuva 9. Keskinopeus ja nopeuden variaatiokerroin oikealla kaistalla poikileikkauksessa K08 16.11.1999 aamun ylikysynnän aikana.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Liikennevirran peruskuvaajat

Liikennevirran peruskuvaajia vastaavia havaintopisteitä (kuvat 3 - 5 ja liite A) tarkastelemalla havaittiin, että nopeusrajoituksella 80 km/h havaintoja oli pääasiassa vakaalta liikennevirran alueelta (kuvaajan yläosa), epävakaalta alueelta (kuvaajan alaosa) havaintoja oli vain muutamia. Nopeusrajoituksella 70 km/h havainnot olivat kokonaan vakaalta alueelta, mutta rajoituksella 60 km/h havainnoista suuri osa oli epävakaalta alueelta. Siihen, kummalta alueelta (vakaalta vai epävakaalta) havaintoja löytyy, vaikuttavat nopeusrajoitusten vaikutusten lisäksi tilanteet, joissa nopeusrajoitus on kytketty päälle.

Havaintopisteitä tarkastelemalla nähdään, että välityskyvyn käyttöaste oli alhaisin nopeusrajoituksella 60 km/h ja korkein nopeusrajoituksella 70 km/h. Nopeusrajoituksella maksimi välityskyvyn käyttöaste saavutettiin ainoastaan poutasäällä, kuivalla tiellä ja tällöinkin ainoastaan muutama havainto asettui tälle alueelle. Nopeusrajoituksella 60 km/h välityskyvyn käyttöasteen maksimi näytti saavutetun kaikissa sää- ja keliolosuhteissa.

Vapaa nopeus vaihteli nopeusrajoituksella 80 km/h sää- ja keliolosuhteista riippuen suunnilleen välillä 90 – 100 km/h. Nopeusrajoituksella 70 km/h vapaa nopeus oli noin 5 km/h alhaisempi kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h noin 5 km/h alhaisempi kuin rajoituksella 70 km/h. Keskinopeuden alenema 1 000 ajon./h liikennemäärän lisäystä kohti oli noin 2,5 km/h, huonolla kelillä alhaisemmilla nopeusrajoituksilla hieman enemmän.

6.2 Liikennevirran ominaisuuksien väliset erot erilaisissa olosuhteissa

Pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista tai alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) sekä oikealla että vasemmalla kaistalla ajettiin sää- ja keliolosuhteista riippumatta nopeusrajoituksella 70 km/h hitaampaa kuin nopeusrajoituksella 80 km/h. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet erosivat enemmän kuin nopeimpien. Oikealla kaistalla erot olivat suuremmat kuin vasemmalla kaistalla lukuun ottamatta poutasäätä ja kuivaa keliä, jolloin ero oli nopeimpien ajoneuvojen osalta vasemmalla kaistalla suurempi.

Oikealla kaistalla nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat nopeusrajoituksella 70 km/h suurempia kuin rajoituksella 80 km/h lukuun ottamatta poutasäätä ja kuivaa keliä sekä lumisadetta, jolloin ero oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan nopeuden variaatiokertoimen osalta, tai kuurakeliä, jolloin erot eivät olleet merkitseviä. Vasemmalla kaistalla ero oli kuivaa keliä lukuun ottamatta merkitsevä nopeuden variaatiokertoimen osalta. Lumisateella ero oli merkitsevä myös nopeuden keskihajonnassa.

Pienillä liikennemäärillä aikavälijakaumissa ei juurikaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä. Ainoastaan poutasäällä, kun tienpinta oli märkä tai kostea, alle sekunnin aikavälien osuus oli oikealla kaistalla merkitsevästi pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h.

Pienillä liikennemäärillä kaistajakaumassa (tai koko suunnan liikennemäärässä) ei poutasäätä ja kosteaa tai märkää keliä lukuun ottamatta ollut eroa nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä. Tällä kelillä nopeusrajoituksella 70 km/h oikean kaistan osuus liikenteestä oli merkitsevästi suurempi (ja kokonaisliikennemäärä pienempi) kuin nopeusrajoituksella 80 km/h.

Koko poikkileikkauksen keskinopeus oli kaikilla keleillä merkitsevästi alhaisempi ja nopeuden keskihajonta suurempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Poikkeuksena oli poutasää ja kuurakeli, jolloin ero keskihajonnassa ei ollut merkitsevä.

Ainoat merkitsevät erot kaistojen välisissä nopeuseroissa olivat poutasäältä ja märältä tai kostealta keliä, jolloin kaikkien ajoneuvojen kaistojen väliset nopeuserot olivat merkitsevästi suuremmat nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Näin oli myös kuivalla kelillä keskinopeuden ja nopeus₁₅:n osalta ja lumisella tai jäisellä tiellä nopeus₁₅:n osalta. Muilla keleillä erot eivät olleet merkitseviä.

Kun nopeusrajoitukseen 70 km/h liitettiin liukkaasta ajoradasta kertova merkki, nopeudet olivat pienillä liikennemäärillä molemmilla kaistoilla alhaisempia kuin ilman varoitusmerkkiä. Nopeudet erosivat vasemmalla kaistalla enemmän kuin oikealla kaistalla. Oikealla kaistalla nopeuksien keskihajonta oli pienempi liukas ajorata -varoituksen kanssa kuin ilman sitä ja vasemmalla kaistalla nopeuden variaatiokerroin oli varoitusmerkin kanssa merkitsevästi pienempi kuin ilman varoitusta. Aikavälijakaumissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Pienillä liikennemäärillä oikean kaistan osuus liikenteestä oli merkitsevästi pienempi ja koko poikkileikkauksen keskinopeus sekä nopeuden keskihajonta suurempia ilman liukkaudesta varoittavaa merkkiä kuin sen kanssa. Liukkaudesta varoittava merkki ei vaikuttanut merkitsevästi kaistojen välisiin nopeuseroihin.

Pienillä liikennemäärillä nopeusrajoituksella 60 km/h ajoneuvot ajoivat molemmilla kaistoilla merkitsevästi hitaammin kuin nopeusrajoituksella 70 km/h. Ero oli oikealla kaistalla suurempi kuin vasemmalla. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat suurempia nopeusrajoituksella 60 km/h kuin rajoituksella 70 km/h. Aikavälijakaumissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja pienillä liikennemäärillä.

Verrattaessa poikkileikkauskohtaisia parametrejä pienellä liikennemäärällä nopeusrajoituksella 70 km/h ja rajoituksella 60 km/h, johon on liitetty ruuhkavaroitusta, havaitaan, ettei kaistajakaumassa ollut ohjausten välillä tilastollisesti merkit-

seviä eroja. Ero kaistojen välisessä nopeuserossa oli merkitsevä (suurempi nopeusrajoituksella 60 km/h kuin rajoituksella 70 km/h) hitaimpien ajoneuvojen osalta.

Kun liikennettä ohjattiin pelkällä nopeusrajoituksella 60 km/h, nopeudet olivat pienillä liikennemäärillä alhaisempia kuin tilanteessa, jossa nopeusrajoitusta oli täydennetty ruuhkavaroituksella. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet erosivat enemmän kuin nopeimpien.

Kohtalaisilla liikennemäärillä (1 000 – 2 000 ajon./h/kaista tai 1 000 – 2 000 ajon./h/oikea kaista) nopeudet olivat molemmilla kaistoilla merkitsevästi alhaisempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Tosin poutasäällä kuivalla kelillä erot eivät olleet vasemmalla kaistalla merkitseviä.

Nopeuserot olivat hitailla ajoneuvoilla suuremmat kuin nopeilla kaistasta ja sää- ja kelitilanteesta riippumatta. Ainoan poikkeuksen tekivät poutasää ja luminen tai jäinen keli, jolloin erot olivat nopeimmilla ajoneuvoilla suuremmat. Nopeuserot olivat oikealla kaistalla suuremmat kuin vasemmalla. Poikkeuksia tosin oli useampi: poutasää ja kuurainen, luminen tai jäinen keli sekä vesisade hitaimpien ajoneuvojen osalta.

Nopeuden variaatiokerroin oli säästä ja kelistä tai kaistasta riippumatta nopeusrajoituksella 70 km/h suurempi kuin rajoituksella 80 km/h. Poikkeuksina olivat vasen kaista poutasäällä ja kuivalla kelillä tai molemmat kaistat lumisella ja jäisellä kelillä, jolloin erot eivät olleet merkitseviä. Nopeuden keskihajonnassa ero oli merkitsevä (keskihajonta oli alemmalla nopeusrajoituksella merkitsevästi suurempi) ainoastaan poutasäällä märällä tai kostealla kelillä sekä vesisateella vasemmalla kaistalla. Poutasäällä lumisella tai jäisellä tiellä keskihajonta oli oikealla kaistalla merkitsevästi pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h.

Kohtalaisella liikennemäärällä bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat pienempiä nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Poikkeuksiakin kuitenkin oli: erot eivät olleet merkitseviä kummallakaan kaistalla poutasäällä lumisella tai jäisellä kelillä eivätkä vasemmalla kaistalla vesisateella; ainoastaan keskihajonnan ero oli merkitsevä vasemmalla kaistalla poutasäällä ja kuuraisella tiellä ja ainoastaan variaatiokertoimen ero oli merkitsevä oikealla kaistalla poutasäällä ja kuuraisella tiellä.

Nopeusrajoituksella 70 km/h lyhyiden aikavälien osuudet olivat pienemmät kuin rajoituksella 80 km/h. Tosin poutasäällä kuivalla tiellä tai lumisateella ero alle sekunnin bruttoaikavälien osuuksissa ei ollut merkitsevä eikä kuuraisella tiellä tai vesisateella vasemmalla kaistalla tai poutasäällä lumisella ja jäisellä tiellä kummassakaan lyhyiden aikavälien osuutta kuvaavassa suureessa ero ollut merkitsevä.

Kohtalaisilla liikennemäärillä oikean kaistan osuus liikenteestä oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi pienempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h ja vastaavasti suunnan kokonaisliikennemäärä oli suurempi. Tosin poutasäällä lumisella tai jäisellä kelillä ero kokonaisliikennemäärässä ei ollut merkitsevä.

Koko poikkileikkauksen keskinopeus ja nopeuden keskihajonta olivat molemmat nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi pienempiä kuin rajoituksella 80 km/h. Poikkeuksen tekivät poutasää ja luminen tai jäinen keli sekä lumisade, jolloin ero nopeuden keskihajonnassa ei ollut merkitsevä.

Nopeusrajoituksella 70 km/h kaistojen väliset nopeuserot olivat pienemmät kuin rajoituksella 80 km/h. Tosin poutasäällä ja lumisella tai jäisellä kelillä erot eivät olleet merkitseviä, samoin kuin vesisateella nopeimpien ajoneuvojen osalta tai lumisateella hitaimpien ajoneuvojen osalta.

Myös kohtalaisella liikennemäärällä nopeudet olivat nopeusrajoituksella 60 km/h merkitsevästi alhaisempia kuin rajoituksella 70 km/h. Ainoastaan poutasäällä ja kuuraisella tiellä ero nopeimpien ajoneuvojen nopeuksien välillä ei ollut merkitsevä. Ero oli hitaimpien ajoneuvojen osalta suurempi kuin nopeimpien ja oikealla kaistalla suurempi kuin vasemmalla.

Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat nopeusrajoituksella 60 km/h suurempia kuin rajoituksella 70 km/h. Poutasäällä ja kuuraisella kelillä sekä vesisateella oikealla kaistalla ero oli merkitsevä ainoastaan variaatiokertoimen osalta. Kostealla tai märällä tiellä oikealla kaistalla tai vesisateella vasemmalla kaistalla kumpikaan eroista ei ollut merkitsevä.

Bruttoaikavälien keskihajonnassa ja variaatiokertoimessa tai lyhyiden aikavälien osuuksissa ei ollut merkitseviä eroja nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä. Vesisateella tosin bruttoaikavälien keskihajonta oli nopeusrajoituksella 60 km/h merkitsevästi pienempi vasemmalla kaistalla ja alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuus alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä oli merkitsevästi suurempi oikealla kaistalla kuin rajoituksella 70 km/h.

Nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kaistajakaumissa, kun liikennemäärä oli kohtalainen. Nopeusrajoituksella 60 km/h koko poikkileikkauksen keskinopeus oli alhaisempi kuin nopeusrajoituksella 70 km/h. Poutasäällä ja kuivalla kelillä poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta oli nopeusrajoituksella 60 km/h merkitsevästi suurempi kuin rajoituksella 70 km/h, mutta kaistojen välillä ei ollut merkitseviä keskinopeuseroja nopeusrajoitusten välillä. Kostealla ja märällä kelillä taas nopeuden keskihajonnassa ei ollut merkitsevää eroa, mutta kaistojen väliset nopeuserot olivat merkitsevästi pienemmät nopeusrajoituksella 60 km/h kuin rajoituksella 70 km/h.

Kun nopeusrajoitusta 60 km/h täydennettiin ruuhkavaroituserkillä, nopeudet, bruttoaikavälin keskihajonta ja variaatiokerroin olivat kohtalaisilla liikennemäärillä merkitsevästi korkeammat kuin vastaavalla nopeusrajoituksella ilman varoi-

tusmerkkiä. Nopeuden keskihajontaan ja variaatiokertoimeen tai lyhyiden aikavälien osuuksiin varoitusmerkillä ei ollut vaikutusta.

Kun nopeusrajoitusta 60 km/h täydennettiin ruuhkavaroituserkillä kohtalaisella liikennemäärällä, oikean kaistan osuus liikenteestä oli merkittävästi suurempi kuin vastaavalla nopeusrajoituksella ilman ruuhkavaroitusta. Ruuhkavaroituserkin kanssa koko poikkileikkauksen keskinopeus ja kaistojen väliset nopeuserot olivat merkittävästi suuremmat kuin ilman varoitusta, mutta poikkileikkauksen nopeuskeskihajonnassa ei ollut merkittävää eroa.

Suurilla liikennemäärillä (yli 2 000 ajon./h/kaista tai yli 2 000 ajon./h/oikea kaista) nopeudet olivat alhaisempia nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Hitailta ajoneuvoilla nopeusero oli suurempi kuin nopeilla ajoneuvoilla ja oikealla kaistalla suurempi kuin vasemmalla kaistalla. Poikkeuksena oli vasen kaista poutasäällä, kostealla tai märällä tiellä, jolloin nopeusero oli nopeimpien ajoneuvojen osalta suurempi kuin hitaimpien.

Oikealla kaistalla nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat suuremmat nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Vasemmalla kaistalla ero oli merkittävä ainoastaan nopeuden variaatiokertoimessa poutasäällä ja kuivalla tiellä. Lyhyiden aikavälien osuuksissa ohjausten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

Myös suurella liikennemäärällä oikean kaistan osuus liikenteestä oli pienempi nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Kostealla ja märällä kelillä ero ei tosin ollut tilastollisesti merkittävä. Vastaavasti koko poikkileikkauksen keskinopeus oli alemmalla nopeusrajoituksella alempi ja nopeuden keskihajonta suurempi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkittävä kostealla ja märällä kelillä. Kaistojen väliset nopeuserot olivat nopeusrajoituksella 70 km/h suuremmat kuin rajoituksella 80 km/h. Kuivalla kelillä ero ei tosin ollut merkittävä.

Suurella liikennemäärällä nopeudet olivat nopeusrajoituksella 60 km/h alhaisempia kuin rajoituksella 70 km/h. Bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat nopeusrajoituksella 60 km/h pienemmät kuin rajoituksella 70 km/h. Lyhyiden aikavälien osuuksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja nopeusrajoitusten välillä.

Kaista- ja poikkileikkauskohtaisille muuttujille tehtiin **yhteenvedoksi lineaariset regressiomallit (taulukot 48 - 51)**, jotka kuvaavat, miten liikennetilanne, sää ja keli vaikuttavat kunkin muuttujan arvoon. Kaistakohtaisten muuttujien mallit tehtiin molemmille kaistoille erikseen, jotta kaistojen väliset erot kävisivät mallista ilmi. Mallit ovat muotoa

$$N = N_0 + K_{\text{ohjaus}} + K_{\text{sää/keli}} + K_{\text{liik.til.}}$$

Yhtälössä N on parametri, jonka suuruus halutaan määrittää. N_0 on sen arvo tarkasteltavalla kaistalla tai koko poikkileikkauksessa nopeusrajoituksen 80 km/h vallitessa poutasäällä, kun tie on ollut kuiva pienellä liikennemäärällä (alle 1 000

ajon./h/kaista). Korjaustekijät $k_{\text{tekijä}}$ kertovat yksittäisen tekijän vaikutuksen tarkasteltavaan parametriin.

Ohjauksista nopeusrajoitus 70 km/h, jota oli täydennetty liukkaasta ajoradasta varoittavalla merkillä, vaikutti nopeuksiin voimakkaimmin (taulukko 48). Tämä oli myös ainoa ohjaus, jolla vaikutus oli vasemmalla kaistalla voimakkaampi kuin oikealla kaistalla. Taulukosta on helppo havaita, kuinka paljon pienempi nopeuden alenema oli silloin, kun nopeusrajoitukseen 60 km/h liitettiin ruuhkavaroitusta, verrattuna tilanteeseen, jossa ruuhkavaroitusta ei kyseisellä nopeusrajoituksella annettu. Liikennemäärän ja kelin vaikutukset olivat vasemmalla kaistalla selvästi suuremmat kuin oikealla kaistalla. Keleistä lumisade alensi nopeuksia voimakkaimmin, kuurainen tie oli toisena ja märän tien vaikutus oli pienin.

Taulukko 48. Lineaarinen regressiomalli kaistoittaiselle keskinopeudelle (km/h) ja nopeus₁₅:lle ja nopeus₈₅:lle (km/h).

Kaista	Keskinopeus		Nopeus ₁₅		Nopeus ₈₅	
	vasen	oikea	vasen	oikea	vasen	oikea
N ₀	98,11	89,17	90,36	82,41	104,54	96,32
K ₈₀ km/h	-	-	-	-	-	-
K ₇₀ km/h	-3,66	-5,76	-4,22	-6,32	-2,91	-5,04
K ₇₀ km/h+LA	-14,56	-14,22	-15,53	-14,06	-14,47	-13,98
K ₆₀ km/h	-10,65	-13,05	-12,09	-13,74	-8,50	-11,75
K ₆₀ km/h+RV	-6,11	-9,98	-7,65	-11,63	-4,23	-8,30
K _{<1000} ajon/h	-	-	-	-	-	-
K ₁₀₀₀₋₂₀₀₀ ajon/h	-9,53	-5,50	-8,00	-5,18	-9,57	-5,58
K _{>2000} ajon/h	-14,26	-11,12	-13,57	-11,04	-13,23	-10,81
K _{pouta} /kuiva	-	-	-	-	-	-
K _{pouta} /märkä/kostea	-4,05	-2,17	-3,38	-2,01	-4,47	-2,45
K _{pouta} /kuura	-6,68	-4,26	-5,78	-4,17	-7,34	-4,49
K _{pouta} /luminen/jäinen	-5,75	-2,74	-4,86	-2,50	-6,37	-3,12
K _{vesisade}	-5,67	-3,22	-4,94	-3,17	-6,17	-3,40
K _{lumisade}	-8,61	-5,47	-7,70	-5,33	-9,10	-5,60

Nopeusrajoitus 60 km/h (varoituksella tai ilman) vaikutti nopeuden keskihajontaan ja variaatiokertoimeen voimakkaammin kuin rajoitus 70 km/h (varoituksella tai ilman, taulukko 49). Kaistakohtaisesti kelillä ei juurikaan ollut vaikutusta em. suureisiin, mutta vasemmalla kaistalla kuivasta tiestä poikkeavan kelin vaikutus oli suurempi kautta linjan.

Taulukko 49. Lineaarinen regressiomalli nopeuden keskihajonnalle (km/h) ja variaatiokerroimelle.

Kaista	Nopeuden keskihajonta		Nopeuden variaatiokerroin	
	vasen	oikea	vasen	oikea
N ₀	7,65	7,24	0,078	0,081
K ₈₀ km/h	-	-	-	-
K ₇₀ km/h	0,35	0,44	0,007	0,011
K ₇₀ km/h+LA	0,12	-0,27	0,015	0,013
K ₆₀ km/h	1,46	0,88	0,031	0,029
K ₆₀ km/h+RV	1,43	1,40	0,022	0,029
K _{<1000} ajon/h	-	-	-	-
K ₁₀₀₀₋₂₀₀₀ ajon/h	-1,13	-0,29	-0,004	0,002
K _{>2000} ajon/h	-0,45	-0,32	0,010	0,010
K _{pouta/kuiva}	-	-	-	-
K _{pouta/märkä/kostea}	-0,71	-0,32	-0,004	-0,002
K _{pouta/kuura}	-0,87	-0,35	-0,003	0,000
K _{pouta/luminen/jäinen}	-0,85	-0,36	-0,004	-0,001
K _{vesisade}	-0,86	-0,24	-0,004	0,000
K _{lumisade}	-1,08	-0,25	-0,003	0,003

Tarkastelluista ohjauksista nopeusrajoitus 70 km/h yhdessä liukas ajorata-varoituksen kanssa ja nopeusrajoitus 60 km/h alensivat bruttoaikavälien keskihajontaa ja variaatiokerrointa enemmän kuin nopeusrajoitus 70 km/h yksin (taulukko 50). Nopeusrajoitus 60 km/h, jota oli täydennetty ruuhkavaroituksella, pienensi em. suureita vasemmalla kaistalla vielä enemmän kuin em. ohjaukset, mutta oikealla kaistalla nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat sen johdosta. Liikennemäärän vaikutus oli vasemmalla kaistalla suurempi kuin oikealla kaistalla.

Liikennemäärän ja kelin vaikutus lyhyiden aikavälien osuuksiin oli vasemmalla kaistalla suurempi kuin oikealla kaistalla (taulukko 50). On huomattava, että liukkaasta ajoradasta varoitettava merkki yhdessä nopeusrajoituksen 70 km/h kanssa lisäsi lyhyiden aikavälien osuutta, toisin kuin muut ohjaukset.

Taulukko 50. Lineaarinen regressiomalli bruttoaikavälien keskihajonnalle (10 ms) ja variaatiokertoimelle sekä alle sekunnin bruttoaikavälien osuudelle (%) ja alle puolen sekunnin nettoaikavälien osuudelle alle kolmen sekunnin nettoaikaväleistä (%).

	Bruttoaikavälien keskihajonta		Bruttoaikavälien variaatiokerroin		Alle 1 s bruttoaikavälien osuus		Alle ½ s n.aika- välien osuus alle 3 s n.av:istä	
	vasen	oikea	vasen	oikea	vasen	oikea	vasen	oikea
N ₀	69,06	67,95	0,508	0,473	33,88	28,88	17,89	14,97
K _{80km/h}	-	-	-	-	-	-	-	-
K _{70km/h}	-0,88	-1,10	-0,008	-0,009	-0,64	-1,11	-0,80	-0,61
K _{70km/h+LA}	-1,88	-1,46	-0,021	-0,008	-1,88	0,63	0,28	0,60
K _{60km/h}	-1,46	-1,57	-0,011	-0,013	-1,06	-1,54	-1,33	-0,65
K _{60km/h+RV}	-2,06	0,78	-0,014	0,003	-0,95	-0,53	-1,39	0,70
K _{<1000ajon/h}	-	-	-	-	-	-	-	-
K _{1000-2000ajon/h}	-7,52	-4,80	-0,061	-0,031	-3,97	-1,87	-5,52	-3,12
K _{>2000ajon/h}	-16,04	-13,92	-0,102	-0,071	-3,35	-0,68	-9,33	-6,97
K _{pouta/kuiva}	-	-	-	-	-	-	-	-
K _{pouta/märkä/kostea}	0,29	0,87	-0,007	0,001	-1,31	-0,39	-0,62	0,46
K _{pouta/kuura}	0,07	1,49	-0,014	-0,003	-2,16	-1,93	-0,75	0,21
K _{pouta/luminen/jäinen}	-0,92	0,83	-0,021	0,001	-2,63	-0,53	-1,31	0,54
K _{vesisade}	-0,34	1,30	-0,015	-0,001	-2,28	-1,39	-0,79	0,60
K _{lumisade}	1,53	1,82	-0,012	-0,001	-3,36	-1,88	-0,83	1,01

Alennettu nopeusrajoitus ilman varoitusmerkkiä muutti kaistajakaumaa enemmän kuin vastaava nopeusrajoitus varoitusmerkin kanssa (taulukko 51). Märän, kostean tai kuuraisen tien vaikutus kaistajakaumaan oli suurempi kuin lumisen tai jäisen tien tai sateen. Nopeusrajoitus 60 km/h tai rajoitus 70 km/h yhdessä liukas ajorata -merkin kanssa alensivat koko poikkileikkauksen keskinopeutta eniten. Em. ohjaukset myös pienensivät koko poikkileikkauksen nopeuskeskihajontaa muiden ohjausten kasvattaessa sitä. Lumisateella ja kuuralla oli voimakkain vaikutus keskinopeuteen, nopeuskeskihajonnassa taas kuuralla ja lumisella tai jäisellä tiellä.

Nopeusrajoitus 60 km/h tai rajoitus 70 km/h yhdessä liukas ajorata -merkin kanssa pienensivät kaistojen välisiä nopeuseroja, muilla ohjauksilla vaikutus oli päinvastainen (taulukko 51). Kohtalainen liikennemäärä (1 000 - 2 000 ajon./h/ oikea kaista) kasvatti kaistojen välistä nopeuseroa pieneen liikennemäärään (alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) verrattuna, suuri liikennemäärä (yli 2 000 ajon./h/oikea kaista) taas pienensi. Kuuralla oli voimakkain vaikutus nopeuseroon.

Taulukko 51. Lineaarinen regressiomalli oikean kaistan osuudelle liikenteestä (%), koko poikkileikkauksen keskinopeudelle (km/h) ja nopeuskeskihajonnalle (km/h) sekä kaistojen välisille eroille keskinopeudessa (km/h), nopeus_{15:ssä} (km/h) ja nopeus_{85:ssä} (km/h).

	Oik. kaistan osuus liikent.	Pl:n keskinopeus	Pl:n nopeuskeskihajonta	Ero keskinopeudessa	Ero nopeus _{15:ssä}	Ero nopeus _{85:ssä}
N ₀	73,98	90,28	8,68	8,72	7,72	7,76
K _{80km/h}	-	-	-	-	-	-
K _{70km/h}	-3,38	-4,35	0,21	0,36	0,29	0,36
K _{70km/h+LA}	-0,84	-15,13	-0,25	-0,68	-0,99	-1,69
K _{60km/h}	-16,55	-12,30	-0,07	-2,76	-3,22	-2,02
K _{60km/h+RV}	1,97	-8,09	1,21	2,40	2,86	2,08
K _{<1000ajon/h}	-	-	-	-	-	-
K _{1000-2000ajon/h}	-6,33	-3,12	0,27	2,82	3,43	3,49
K _{>2000ajon/h}	-19,84	-10,21	-0,52	-3,59	-2,40	-3,31
K _{pouta/kuiva}	-	-	-	-	-	-
K _{pouta/märkä/kostea}	-2,51	-2,23	-0,44	-1,74	-1,13	-1,83
K _{pouta/kuura}	-2,34	-5,05	-0,64	-1,72	-1,09	-2,15
K _{pouta/luminen/jäinen}	1,65	-3,17	-0,56	-1,12	-0,77	-1,39
K _{vesisade}	-1,58	-3,51	-0,44	-0,94	-0,33	-1,36
K _{lumisade}	1,11	-6,41	-0,29	-0,01	-0,72	-0,46

6.3 Ohjausmuutosten vaikutukset liikennevirtaan

Kun nopeakrajoitus nostettiin pienellä liikennemäärällä (alle 1 000 ajon./h/kaista tai alle 1 000 ajon./h/oikea kaista) poutasäällä ja kuivalla kelillä 70 km/h:sta 80 km/h:iin, liikennevirran nopeus- tai aikavälijakaumissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Muissa sää- ja keliolosuhteissa nopeudet nousivat. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet nousivat enemmän kuin nopeimpien ja nopeudet nousivat oikealla kaistalla enemmän kuin vasemmalla. Poutasäällä, kuuraisella tiellä ja vesisateella nopeimpien ajoneuvojen nopeudet eivät nousseet tilastollisesti merkitsevästi. Vesisateella näin kävi myös hitaimpien ajoneuvojen nopeuksille vasemmalla kaistalla. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pienenevät, mutta vain muutamalla kelillä merkitsevästi. Aikavälijakaumissaan ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Kun nopeakrajoitus nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin pienellä liikennemäärällä kaistajakauma muuttui merkitsevästi (oikean kaistan osuus liikenteestä kasvoi) ainoastaan poutasäällä kostealla tai märällä kelillä. Koko poikkileikkauksen keskinopeus kasvoi kaikilla keleillä ja nopeuden keskihajonta pieneni, tosin vain muutamalla kelillä merkitsevästi. Poutasäällä kostealla, märällä tai kuuraisella tiellä kaistojen välinen nopeusero pieneni, muilla keleillä kasvoi.

Kun nopeakrajoitus laskettiin pienellä liikennemäärällä 80 km/h:sta 70 km/h:iin, nopeudet laskivat molemmilla kaistoilla. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän kuin nopeimpien ja oikealla kaistalla enemmän kuin vasemmalla

sadetta lukuun ottamatta. Oikealla kaistalla hitaimpien ja nopeimpien ajoneuvojen nopeuksissa ei ollut vesisateella tilastollisesti merkitsevää eroa, samoin kuin lumisateella nopeimpien ajoneuvojen nopeuksissa. Nopeuksien keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat nopeusrajoitusmuutoksen myötä molemmilla kaistoilla oikeaa kaistaa lumisateella lukuun ottamatta. Kaikki muutokset eivät tosin olleet tilastollisesti merkitseviä. Aikavälijakaumassa ei ollut muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Kun nopeusrajoitus laski 80 km/h:stä 70 km/h:iin liikennemäärän ollessa pieni, oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni hieman (ei tosin aina merkitsevästi). Poikkileikkauksen keskinopeus laski kaikilla keleillä ja nopeuden keskihajonta kasvoi. Keskihajonnassa muutokset eivät suurelta osin olleet merkitseviä. Kaistojen välinen nopeusero kasvoi pääosin hieman, mutta tässäkään suuri osa muutoksista ei ollut merkitseviä.

Kun nopeusrajoitus laskettiin pienellä liikennemäärällä 80 km/h:stä 60 km/h:iin ja lisäksi kytkettiin ruuhkavaroituserkki päälle, nopeudet laskivat ja nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän (7,1 - 9,8 km/h) kuin nopeimpien (5,1 - 5,8 km/h) ja muutos oli oikealla kaistalla jonkin verran suurempi kuin vasemmalla. Aikavälijakaumassa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Kun nopeusrajoitus laskettiin pienellä liikennemäärällä 80 km/h:stä 60 km/h:iin ja ruuhkavaroituserkki kytkettiin päälle, poikkileikkauksen keskinopeus laski ja nopeuden keskihajonta kasvoi. Kaistojen väliset nopeuserot kasvoivat merkitsevästi ainoastaan hitaimpien ajoneuvojen osalta.

Kun nopeusrajoitus nostettiin **kohtalaisella liikennemäärällä (1 000 - 2 000 ajon./h/kaista tai 1 000 - 2 000 ajon./h/oikea kaista)** 70 km/h:sta 80 km/h:iin, nopeudet nousivat molemmilla kaistoilla kaikilla sää- ja kelityypeillä merkitsevästi vesisadetta lukuun ottamatta. Muutos oli tosin myös tällöin samansuuntainen. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet nousivat enemmän kuin nopeimpien. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pienenivät rajoitusmuutoksen myötä, mutta kaikki muutokset eivät olleet merkitseviä. Aikavälijakaumissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia lukuun ottamatta bruttoaikavälien variaatiokertoimen kasvua lumisella tai jäisellä tiellä poutasäällä. On huomattava, että vesisateella nopeusrajoituksen muutos ei aiheuttanut tilastollisesti merkitseviä muutoksia liikennevirtaan, ei nopeus- eikä aikavälijakaumaan.

Kun nopeusrajoitus nostettiin kohtalaisella liikennemäärällä 70 km/h:stä 80 km/h:iin oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni. Kostealla tai märällä tiellä osuus tosin kasvoi, mutta muutos ei ollut merkitsevä. Poikkileikkauksen keskinopeus nousi ja nopeuden keskihajonta laski kaikilla keleillä nopeusrajoitusmuutoksen myötä. Muutokset kaistojen välisissä nopeuseroissa eivät olleet merkitseviä.

Kun nopeus laskettiin kohtalaisella liikennemäärällä 80 km/h:sta 70 km/h:iin, nopeudet laskivat. Tosin poutasäällä ja kuivalla kelillä kaikki muutokset eivät olleet merkitseviä. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pienenevät kaikilla keleillä, mutta muutokset eivät olleet suurelta osin merkitseviä. Aikavälijakaumissa ei ollut muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta tilastollisesti merkitseviä muutoksia.

Kun nopeusrajoitus laski 80 km/h:stä 70 km/h:iin liikennemäärän ollessa kohtalainen oikean kaistan osuus liikenteestä pääosin pieneni hieman, tosin muutos ei ollut yhtä poikkeusta lukuun ottamatta merkitsevä. Poikkileikkauksen keskinopeus laski kaikilla keleillä merkitsevästi nopeusrajoitusmuutoksen myötä. Nopeuden keskihajonnassa muutokset eivät olleet merkitseviä. Myöskään kaistojen välisten nopeuserojen muutokset eivät pääosin olleet merkitseviä.

6.4 Liikenteen aamuhuipun aikasarjatarkastelu

Liikennemäärä vaikuttaa olevan huono parametri suurien nopeuden muutosten ennakoimiseen. Ruuhkautumiseen johtava liikennemäärä vaihteli poikkileikkauksittain ja kaistoittain eikä liikennemäärää tarkastelemalla aina havaittu syytä nopeuden voimakkaaseen laskuun.

Keskimääräinen bruttoaikaväli, sen keskihajonta tai variaatiokerroin ei muuttunut selvästi ylikysyntätilanteessa. Variaatiokerroin vaihteli ylikysyntätilanteen aikana jonkin verran voimakkaammin kuin muuten, muttei niin selvästi, että sitä voitaisiin käyttää ylikysyntää ennakoivana indikaattorina. Ylikysyntätilanne ei vaikuttanut lyhyiden aikavälien osuuksiin eikä varausasteeseen.

Nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ eivät vaikuttaneet ennakoivan nopeuden muutoksia ja ne muuttuvat yhdessä keskinopeuden kanssa. Nopeuksien keskihajonta sen sijaan kasvoi jyrkästi muutosvaiheiden aikana – sekä nopeuden laskiessa että noustessa. Nopeuden variaatiokerroin vaihteli hyvin voimakkaasti ylikysyntätilanteen aikana.

Nopeuden keskihajonta oli normaalissa liikennetilanteessa alle 8 km/h. Nopeuden suurten muutosten aikana keskihajonta nousi voimakkaiden nopeuden muutosten aikana oikealla kaistalla yli 10 km/h:iin. Vasemmalla kaistalla vaihtelua oli hieman enemmän ja keskihajonta saattoi nousta välillä hetkeksi ilman suurempia nopeuden muutoksia. Nopeuden muutoksissa keskihajonta kasvoi yli 8 km/h:iin, mutta arvot olivat pienempiä kuin edellä.

7 Johtopäätökset

Länsiväylän autoilijat eivät kunnioita nopeusrajoituksia. Tämän näkee erityisen selvästi vapaista nopeuksista, jotka ovat huomattavasti korkeampia (keskimäärin noin 10 - 20 km/h nopeusrajoitusta korkeampi, välillä jopa hieman enemmän). Pienillä liikennemäärillä (alle 1 000 ajon./h/kaista) hyvissä olosuhteissa oikealla kaistalla nopeus₁₅ oli 70 km/h:n nopeusrajoituksella 75,9 km/h ja 80 km/h:n rajoituksella 82,6 km/h, eli vain 15 prosenttia oikean kaistan autoilijoista noudattaa suunnilleen nopeusrajoituksia. Vasemmalla kaistalla vastaavat arvot ovat 84,8 km/h ja 90,3 km/h, eli nopeusrajoituksia noudattavien ajoneuvojen osuus on vielä pienempi. Myös Pursula ym. (1988) havaitsivat tutkimuksessaan ylinopeutta ajavien ajoneuvojen suuren osuuden Länsiväylällä. Eräänä syynä ylinopeuksiin lienee myös nopeusvalvonnan puute.

Nopeusrajoituksella 70 km/h ajettiin hitaammin kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h hitaammin kuin rajoituksella 70 km/h. Kun nopeusrajoitukseen 60 km/h liitettiin ruuhkavaroituserkki (ruuhkattomassa tilanteessa, keskinopeus yli 60 km/h) autoilijat ajoivat nopeammin kuin tilanteessa, jossa ruuhkavaroituserkkiä ei näytetty. Liukkaasta ajoradasta kertova varoituserkki taas sai autoilijat alentamaan nopeuttaan enemmän kuin pelkkä 70 km/h nopeusrajoitus yksin. Tästä voi tehdä sen johtopäätöksen, että kuljettajat hyväksyivät alennetun nopeusrajoituksen paremmin silloin, kun siihen oli suoraan syynä turvallisuus (liukas ajorata), mutta ruuhka on tiellä lähes jokapäiväinen ilmiö eikä siitä varoitettava merkki alentanut nopeuksia. Nopeuksien nousu voisi johtua siitä, että kuljettajat koettivat kompensoida ruuhkan aiheuttamia tulevia viivytyksiä (ruuhkavaroitus) ajamalla lujempaa kuin muuten vastaavassa tilanteessa samalla nopeusrajoituksella. Tätä ei kuitenkaan voida varmistaa ilman haastattelututkimusta.

Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet erosivat eri nopeusrajoituksilla enemmän kuin nopeimpien ja ne reagoivat rajoitusmuutoksiin voimakkaammin. Oikealla kaistalla erot olivat suuremmat kuin vasemmalla. Vasemmalla kaistalla nopeudet olivat pääasiassa korkeampia kuin oikealla. Tämän aineiston perusteella vaikuttaa siltä, että erot keskinopeuksissa johtuivat pääasiassa eroista hitaimpien kuljettajien nopeuksissa. Johtopäätöstä tukee se, että nopeuden keskihajonnalla ja variaatiokertoimella oli taipumus kasvaa nopeusrajoituksen laskiessa.

Rämän (1997) sääohjauksiselta tieltä saama tulos, että rajoitukset vaikuttavat eniten korkeimpiin nopeuksiin, on ristiriidassa nyt saadun tuloksen kanssa. Sääohjauksisella tiellä nopeusrajoituksen alentamisen on myös havaittu pienentävän nopeuksien hajontaa. Hollantilaiset tutkimukset vahvistavat tulokset (van den Hoogen & Smulders 1994). Nyt saatu tulos on ristiriidassa myös näiden aiempien tulosten kanssa. Tosin Rämän tutkimuksessa vaihtoehtoiset nopeusrajoitukset olivat 120, 100 ja 80 km/h ja hollantilaisten tutkimuksessa 90 ja 70 km/h, kun taas Länsiväylällä ne olivat 80, 70 ja 60 km/h.

Tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella ohjausmuutoksen takia tapahtuva keskinopeuden muutos vaihteli välillä 0,4 – 4,7 km/h liikenne-, sää- ja kelitilanteesta sekä kaistasta riippuen, kun nopeusrajoitus laski tai nousi nopeusrajoitusten 80 km/h ja 70 km/h tai rajoitusten 70 km/h ja 60 km/h välillä. Yleisimmin nopeudenmuutos oli välillä 1 – 2 km/h. Nopeuden muutos oli selvästi suurempi, kun nopeusrajoitusmuutos tapahtui rajoitusten 80 km/h ja 60 km/h välillä (keskinopeuden muutos 6,3 – 8,1 km/h).

Kun nopeusrajoitusta muutettiin 20 km/h, nopeuden muutos oli sääohjauksisella tiellä talvella 2,5 km/h ja kesällä 5 – 6 km/h (Rämä 1997). Valtatiellä 9 saatiin tulokseksi 5 km/h (Keski-Suomen tiepiiri 1995). Länsiväylällä (ruuhkavaroitussjärjestelmän ensimmäisen vaiheen alueella) nopeusrajoitusmuutoksen kohdanneet kuljettajat laskivat nopeuttaan 3,9 - 5,5 km/h (Uudenmaan tiepiiri 1999). Ranta ja Kallberg (1996) pääsivät kansainvälisessä kirjallisuusselvityksessään kiinteiden nopeusrajoitusten muutoksia tutkimalla tulokseen 5,0 – 7,4 km/h. Nyt saadut tulokset olivat linjassa aiemmin saatujen tulosten kanssa.

Pursula ym. (1988) saivat Länsiväylän tutkimuksessaan tulokseksi, että sään ja kelin vaikutus liikennevirran ominaisuuksiin oli huomattava. Sama havaittiin myös nyt saaduista tuloksista. Lumisade vaikutti nopeuksiin voimakkaimmin ja seuraavana oli kuura. Vesisateen vaikutus oli talvikelejä lievempi ja määrän tien vaikutus pienin.

Aikavälijakaumissa erot eivät olleet yhtä systemaattisia kuin nopeusjakauksissa. Eri ohjauksilla koottujen aineistojen perusteella vaikuttaa siltä, että alemmalla nopeusrajoituksella lyhyiden aikavälien osuudet olisivat olleet pienemmät kuin korkeammilla rajoituksilla. Muutostilannetarkastelussa tilanne ei ollut yhtä selvä. Smuldersin (1990) ja Pursulan ym. (1988) havaintoa, että ohjausta käytettäessä pienten aikavälien osuus vähenisi merkitsevästi, ei siis voida vahvistaa eikä kumota. Tässä tutkimuksessa havaitut muutokset olivat edellä kuvatun suuntaisia, mutta niissä oli niin paljon vaihtelua eri olosuhteissa eri suuntiin, ettei varmoja johtopäätöksiä voida tehdä.

Smulders (1990) havaitsi lisäksi, että aikavälien varianssi pieneni vasemmalla kaistalla. Myös Pursula ym. (1988) havaitsivat, että nopeuksien keskihajonta pieneni liikennemäärän kasvaessa ja olosuhteiden huonontuessa. Reunakaistalla hajonnat olivat suurempia kuin ohituskaistalla. Nyt tarkastellussa aineistossa bruttoaikavälien keskihajonnassa ei juurikaan tapahtunut merkitseviä muutoksia pienillä liikennemäärillä, mutta suuremmilla liikennemäärillä keskihajonta näytti olevan pienempi alemmilla nopeusrajoituksilla.

Reunakaistan osuus koko ajoradan liikennemäärästä pieneni liikennemäärän kasvaessa. Suurimmillaan ohituskaistan osuus oli noin 60 prosenttia. Lisäksi havaittiin, että oikean kaistan osuus on pienenevä nopeusrajoituksen laskiessa.

Pursulan ym. (1988) mukaan kaistojen väliset nopeuserot olivat Länsiväylällä 5 - 25 km/h. Ero kasvoi nopeusrajoituksen kasvaessa ja pieneni yleensä olosuhte-

den huonontuessa tai liikennemäärän kasvaessa. Pienillä liikennemäärillä ero saattoi myös kasvaa olosuhteiden huonontuessa. Nopeusrajoitusalueella 80 km/h ero oli noin 10 km/h pienillä ja noin 5 km/h suurilla liikennemäärillä.

Nyt saadut tulokset vahvistavat sen, että kaistojen välinen nopeusero kasvaa nopeusrajoituksen kasvaessa - lukuun ottamatta pieniä liikennemääriä, jolloin tilanne näytti olevan päinvastainen. Tulokset viittasivat hieman siihen, että ero pienenisi olosuhteiden huonotessa tai liikennemäärän kasvaessa, mutta poikkeuksia oli sen verran, ettei varmoja johtopäätöksiä voi tehdä. Nopeusrajoituksella 80 km/h kaistojen välinen keskinopeus oli pienillä ja kohtalaisilla liikennemäärillä noin 8 - 10 km/h ja suurilla alle 5 km/h. Tulokset ovat siis suunnilleen samat kuin Pursulan ym. (1988) saamat.

Yleensä homogeenista liikennevirtaa, jossa nopeuden keskihajonta, pienien aikavälien osuus ja kaistojen välinen nopeusero ovat pienet, pidetään turvallisena. Länsiväylällä lyhyiden aikavälien osuus ja kaistojen välinen nopeusero pienenevät nopeusrajoituksen laskiessa, mutta nopeuden keskihajonta kasvoi. Nyt saatujen tulosten perusteella on siis vaikea sanoa, onko liikennevirta turvallisempi alemmilla nopeusrajoituksilla kuin perusnopeusrajoituksella 80 km/h.

Nyt oli hypoteesina, että suurella liikennemäärällä alennettu nopeusrajoitus alentaa keskinopeutta ja samalla harmonisoi liikennevirtaa. Käytännössä tämän piti näkyä nopeuksien laskuna sekä nopeuden ja aikavälien hajonnan sekä kaistojen välisten nopeuserojen pienenemisenä. Tämän aineiston mukaan suurella liikennemäärällä alennettu nopeusrajoitus laski nopeuksia, mutta nopeuden keskihajonnalla oli (myös) suurilla liikennemäärillä taipumus kasvaa tai pysyä ennallaan nopeusrajoituksen laskiessa. Bruttoaikavälien keskihajonta joko pieneni tai pysyi suunnilleen samana, samoin kaistojen välinen nopeusero - poikkeuksiakin tosin oli. Hypoteesia alennetun nopeusrajoituksen liikennevirtaa harmonisoivasta vaikutuksesta suurella liikennemäärällä ei siis voida hyväksyä kuin korkeintaan osittain.

Kun nopeusrajoituksen alentamisen syynä oli häiriö, voitiin häiriökohdasta ylävirtaan olevalle liikenteelle (alueelle, jossa edessä olevasta ruuhkasta varoitetaan) tehdä hypoteesit, että perustilaan verrattuna nopeudet alenevat ja nopeuksien keskihajonta pienenee. Nyt ruuhkavaroituserkki sai ajoneuvot ajamaan (ruuhkattomissa olosuhteissa) lujempaa kuin nopeusrajoitus 60 km/h yksinään, mutta nopeuden keskihajontaan varoituserkillä ei ollut vaikutusta. Tätäkään harmonisointihypoteesia ei siis voida hyväksyä.

Kolmas hypoteesi liittyy edelliseen. Sen mukaan nopeudet ovat nopeusrajoitusta varoituserkillä täydennettäessä alhaisempia kuin silloin, kun liikennettä ohjataan kyseisellä nopeusrajoituksella ilman varoituserkkiä. Liukkaasta ajoradasta varoittavan merkin osalta hypoteesi pitää paikkansa, mutta kuten edellä mainittiin, ruuhkavaroituksen osalta se pitää hylätä.

Viimeisinä hypoteeseina oli, että alennetun nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirran keskinopeuteen on pienillä liikennemäärillä ja hyvällä kelillä suurempi kuin suurilla liikennemäärillä ja huonolla kelillä, koska suuri liikennemäärä tai huono keli laskee keskinopeutta jo itsessään. Tämän aineiston perusteella kuitenkin vaikuttaa siltä, että nopeusrajoituksen laskulla oli sitä suurempi vaikutus nopeuksiin mitä huonompi keli oli. Liikennemäärällä ei näyttänyt olevan vaikutusta muutoksen suuruuteen. Hypoteesit täytyy siis hylätä.

Työn tavoitteena oli selvittää, miten liikennevirta eroaa eri ohjauksella ja miten virta ohjauksen muutoksen vaikutuksesta muuttuu. Tulosten avulla oli tavoitteena osoittaa, onko ohjaustoimenpiteillä positiivinen vaikutus liikennevirtaan. Liikennevirran käyttäytyminen ja muutokset on kuvattu yllä. Alennetuilla nopeusrajoituksilla voitiin osoittaa olevan positiivisia vaikutuksia liikennevirtaan, mutta varsinaista tehtäväänsä (liikennevirran harmonisointi) niiden ei voitu osoittaa täyttävän.

Selvityksen toisena tavoitteena oli löytää parametrejä, jotka kuvaavat liikennevirtaa. Tehdyn aikasarjatarkastelun perusteella nopeuden keskihajonta vaikuttaa kuvaavan virran vakautta parhaiten. Keskihajonta pysyi normaalitilanteissa alle 8 km/h:ssa, mutta suurten nopeuden muutosten aikana keskihajonta kasvoi voimakkaasti. Nyt tehdyssä tarkastelussa käytettiin viiden minuutin aggregoituja havaintoja. Jos käytettävissä olisi esimerkiksi minuuttiaineisto, voitaisiin selvittää, kasvaako nopeuden keskihajonta tai variaatiokerroin ennen nopeuden muutosta. Joka tapauksessa vaikuttaa siltä, että nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin ovat hyviä parametrejä erottamaan ylikysynnän aiheuttamat suuret nopeuden muutokset nopeuden satunnaisvaihtelusta.

Liikenteenohjaus on mielekästä ainoastaan silloin, jos tienkäyttäjät kokevat sen asianmukaiseksi. Jotta näin tapahtuisi, ohjaustoimenpiteet täytyy johdonmukaisesti tehdä oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa (Kroes ym. 1983). Länsiväylällä tienkäyttäjät eivät näytä kokevan järjestelmän antamaa informaatiota asianmukaiseksi, mikä näkyy mm. huomattavina ylinopeuksina. Länsiväylän liikenteenohjausjärjestelmä pitäisi saattaa nopeasti asianmukaiseen kuntoon tai muuten se vie uskottavuuden myös muilta Suomen vastaavilta liikenteenohjausjärjestelmiltä.

Länsiväylällä keskinopeus vaihtelee voimakkaasti. Vapaassa virrassa se on noin 100 km/h ja ruuhkassa 30 km/h. Nyt käytössä olevat nopeusrajoitukset vaihtelevat kuitenkin ainoastaan välillä 60 - 80 km/h. Jotta tienkäyttäjät saataisiin ymmärtämään järjestelmän mielekkyys, kannattaisi nopeusrajoitusten vaihtelualueita laajentaa todellisia nopeuksia vastaaviksi - vähintäänkin nopeusrajoituksella 100 km/h. Koska sään ja kelin vaikutus ajokäyttäytymiseen on aineiston mukaan huomattava, kannattaisi sää- ja kelitiedot ottaa mukaan ohjausparametreihin, etenkin kun Länsiväylän varressa on jo valmiiksi toiminnassa oleva tiesääasema. Ohjausalgoritmi voitaisiin saada havaitsemaan nopeuden muutuskohdat satunnaisvaihtelusta nopeuden keskihajonnan avulla.

Länsiväylä on kohteena ainakin Suomen oloissa varsin poikkeuksellinen (suuret liikennemäärät, vähäinen valvonta, autoilijat tuntevat kohteen, tien yleisilmeeseen verrattuna alhaiset nopeakrajoitukset). Saatua tuloksia ei siis voi suoraan yleistää muihin kohteisiin, vaikka ne lienevätkin samansuuntaisia. Tehdyssä selvityksessä on tutkittu automaattisen liikenteenohjauksen vaikutuksia liikennevirtaan ruuhkattomissa olosuhteissa (keskinopeus yli 60 km/h). Olisi tärkeää selvittää vastaavia asioita myös ruuhkaliikenteessä.

8 Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää muuttuviin nopeusrajoituksiin perustuvien automaattisten liikenteenohjausjärjestelmien vaikutuksia liikennevirtaan. Länsiväylältä saadun aineiston avulla oli tarkoitus selvittää, miten liikennevirta eroaa eri ohjauksilla ja miten ohjauksen muutos vaikuttaa liikennevirtaan. Tulosten avulla oli tavoitteena löytää parametrit, jotka kuvaavat liikennetilannetta parhaiten sekä vastata kysymykseen, onko ohjaustoimenpiteillä turvallisuuden ja sujuvuuden kannalta positiivinen vaikutus liikennevirtaan.

Viatek Oy (1997) sai tulokseksi valtatiellä 1 tehdyssä tutkimuksessaan, että nopeusrajoituksen muuttuminen 20 km/h laski pistenopeuksia 5 km/h. Savo-Karjalan tiepiiri (1995) taas sai valtatiellä 5 Kallansiltojen kohdalla tehdyssä tutkimuksessaan tulokseksi, että kun nopeusrajoitus alennettiin 20 km/h ja näytettiin samalla "avattava silta" -merkkiä, nopeudet laskivat noin 9 - 11 km/h mittauspisteessä, joka sijaitsi noin 2,5 km ennen siltoja.

Rämä (1997) sai valtatiellä 7 tehdyssä tutkimuksessaan tulokseksi, että nopeusrajoituksen 20 km/h laskun vaikutuksesta keskinopeus aleni 5 - 6 km/h, muuttivat nopeusrajoitukset pienensivät nopeuksien hajontaa ja että ne vaikuttivat eniten korkeimpiin nopeuksiin. Valtatiellä 9 liikenteen keskinopeus nousi valoisaan aikaan 5,1 km/h, kun nopeusrajoitusta nostettiin 20 km/h (Keski-Suomen tiepiiri 1995). Länsiväylällä nopeusrajoituksen 20 km/h lasku sai yksittäiset kuljettajat alentamaan nopeuttaan 3,9 - 5,5 km/h (Uudenmaan tiepiiri 1999).

Rannan ja Kallbergin (1996) tekemän kansainvälisen kirjallisuusselvityksen mukaan 10 km/h rajoitusmuutos vaikuttaa keskinopeuteen keskimäärin 3,1 km/h (\pm 0,6 km/h). Hollannissa Smulders (1990) sai tulokseksi, että ohjausta käytettäessä pienten aikavälien osuus, aikavälien varianssi ja keskimääräinen aikaväli pienenevät ja että keskinopeus laskee. Van den Hoogenin & Smuldersin (1994) tekemän tutkimuksen mukaan nopeudet alenivat nopeusrajoitusten johdosta, nopeuserot kaistojen välillä pienenevät, lyhyiden aikavälien osuus laskee, keskimääräinen aikaväli kasvoi ja aikavälien varianssi pieneni.

Länsiväylällä 1980-luvulla Pursulan ym. (1988) tekemissä tutkimuksissa havaittiin, että nopeusrajoituksella 80 km/h keskinopeus oli pienillä liikennetiheyksillä noin 7 - 11 km/h pienempi kuin rajoituksella 100 km/h. Vain suurilla liikennetiheyksillä keskinopeus oli alempi kuin nopeusrajoitus. Reunakaistan osuus koko ajoradan liikennemäärästä pieneni liikennemäärän kasvaessa. Sään ja kelin vaikutus liikennevirran ominaisuuksiin oli huomattava. Kaistojen välinen nopeusero ja nopeuksien keskihajonta kasvoivat nopeusrajoituksen kasvaessa, olosuhteiden parantuessa tai liikennemäärän pienentyessä. Nopeusrajoituksen alentaminen vähensi lyhyiden aikavälien osuutta.

Länsiväylälle on asennettu liikenteen ruuhkautumisesta ja jonoista varoittava ohjausjärjestelmä. Tienkäyttäjille järjestelmä näkyy muuttuvina nopeusrajoitus- ja varoitusmerkkeinä. Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmän tärkein tavoite on

liikenneturvallisuuden parantaminen. Ohjausjärjestelmä ei poista Länsiväylän ruuhkia, mutta sen tavoitteena on lievittää ruuhkautumisen haittoja liikenteelle ja ympäristölle. (Uudenmaan tiepiiri 1996.)

Tutkimus perustuu viiden minuutin keskiarvohavaintoihin. Aineistoa on koottu seitsemästä poikkileikkauksesta. Tarkastelussa rajoituttiin niihin Helsingin suunnan poikkileikkauksiin, joiden liikennettä on ohjattu muuttuvilla nopeusrajoitus- ja varoitusmerkeillä. Havainnot on luokiteltu kelin ja sään mukaan kuuteen luokkaan sekä liikennemäärän perusteella kolmeen luokkaan.

Aineiston keräyksessä oli ongelmana se, etteivät ohjauskojeiden kellot pysyneet oikeassa ajassa. Tarkastelussa kellonaikoja on korjattu sillä oletuksella, että kellot ovat jättäneet tai edistäneet tasaisesti. Toinen ongelma olivat suuret virheprosentit. Kaikkien havaintojen kokonaismäärää voitaneen pitää suunnilleen oikeana, mutta "virheettömät" havainnot eivät olleet satunnaisotos kaikista ajoneuvoista, sillä virheilmaisuja vastasi suurempi keskimääräinen bruttoaikaväli kuin "virheettömiä" ilmaisuja. Tämä täytyy ottaa tuloksia tarkasteltaessa huomioon.

Jottei liikennetilanne, jossa ohjaus on laitettu päälle, pääse vaikuttamaan tuloksiin, tarkastelussa päätettiin erottaa ylikysyntätilanteet muista liikennetilanteista. Ylikysyntähavaintojen vähäisyyden vuoksi ne päätettiin rajata tarkastelun ulkopuolelle. Saatuja tuloksia ei siis pidä yleistää ylikysyntätilanteisiin.

Tutkimushypoteeseiksi valittiin, että suurilla liikennemäärillä alennettu nopeusrajoitus laskee liikennevirran keskinopeutta ja harmonisoi virtaa. Kun nopeusrajoituksen alentamisen syynä on häiriö, nopeudet alenevat ja nopeuksien keskihajonta pienenee häiriökohdasta ylävirtaan olevassa liikenteessä. Kun nopeusrajoitusta täydennetään varoitusmerkillä, nopeudet ovat alhaisempia kuin ilman varoitusta. Alennetun nopeusrajoituksen vaikutus liikennevirran keskinopeuteen on pienillä liikennemäärillä ja hyvällä kelillä voimakkaampi kuin suurilla liikennemäärillä tai huonolla kelillä.

Liikennemäärä-keskinopeushavaintopisteitä tarkastelemalla nähdään, että välityskyvyn käyttöaste oli alhaisin nopeusrajoituksella 60 km/h ja korkein nopeusrajoituksella 70 km/h. Vapaa nopeus vaihteli nopeusrajoituksella 80 km/h säästä ja kelistä riippuen noin välillä 90 – 100 km/h. Nopeusrajoituksella 70 km/h vapaa nopeus oli noin 5 km/h alhaisempi kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h noin 5 km/h alhaisempi kuin rajoituksella 70 km/h.

Nopeusrajoituksella 70 km/h nopeudet olivat alhaisempia kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h alhaisempia kuin rajoituksella 70 km/h. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet erosivat enemmän kuin nopeimpien ja oikealla kaistalla erot olivat suuremmat kuin vasemmalla kaistalla. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin olivat suuremmat nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h ja nopeusrajoituksella 60 km/h kuin rajoituksella 70 km/h.

Pienillä liikennemäärillä nopeusrajoitusten 70 km/h ja 80 km/h välillä ei juurikaan ollut muita merkitseviä eroja. Kohtalaisilla liikennemäärillä nopeuden variaatiokerroin oli suurempi, bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin sekä lyhyiden aikavälien osuudet pienemmät nopeusrajoituksella 70 km/h kuin rajoituksella 80 km/h. Kohtalaisilla ja suurilla liikennemäärillä oikean kaistan osuus liikenteestä oli nopeusrajoituksella 70 km/h merkitsevästi pienempi kuin nopeusrajoituksella 80 km/h, samoin olivat kohtalaisella liikennemäärällä kaistojen väliset nopeuserot. Suurella liikennemäärällä tilanne oli nopeuserojen osalta päinvastainen.

Aikavälijakaumissa ei ollut pienellä tai kohtalaisella liikennemäärällä tilastollisesti merkitseviä nopeusrajoitusten 60 km/h ja 70 km/h välillä, kuten ei myöskään kaistajakaumissa. Ero kaistojen välisessä nopeuserossa oli merkitsevä hitaimpien ajoneuvojen osalta. Suurella liikennemäärällä bruttoaikavälien keskihajonta ja variaatiokerroin olivat pienemmät nopeusrajoituksella 60 km/h kuin rajoituksella 70 km/h.

Kun nopeusrajoitukseen 70 km/h liitettiin liukkaasta ajoradasta kertova merkki, nopeudet olivat pienillä liikennemäärillä molemmilla kaistoilla alhaisempia kuin ilman varoitusmerkkiä. Aikavälijakaumissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Oikean kaistan osuus liikenteestä oli merkitsevästi pienempi ja poikkileikkauksen nopeuskeskihajonta suurempi ilman liukkaudesta varoittavaa merkkiä kuin sen kanssa. Varoitusmerkki ei vaikuttanut merkitsevästi kaistojen välisiin nopeuseroihin.

Kun liikennettä ohjattiin pelkällä nopeusrajoituksella 60 km/h, nopeudet olivat alhaisempia kuin tilanteessa, jossa nopeusrajoitusta oli täydennetty ruuhkavaroituserkillä. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet erosivat enemmän kuin nopeimpien. Varoituserkillä bruttoaikavälin keskihajonta ja variaatiokerroin olivat kohtalaisilla liikennemäärillä suuremmat kuin ilman merkkiä. Lyhyiden aikavälien osuuksiin varoituserkillä ei ollut vaikutusta.

Ohjauksen muutoskohtia tarkasteltaessa havaittiin, että kun nopeusrajoitus nostettiin 70 km/h:sta 80 km/h:iin, nopeudet nousivat. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet nousivat enemmän kuin nopeimpien ja nopeudet nousivat oikealla kaistalla enemmän kuin vasemmalla. Nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin pienenivät. Aikavälijakaumissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni kohtalaisella liikennemäärällä.

Kun nopeusrajoitus laskettiin 80 km/h:sta 70 km/h:iin, nopeudet laskivat. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän kuin nopeimpien ja oikealla kaistalla enemmän kuin vasemmalla. Nopeuksien keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat nopeusrajoitusmuutoksen myötä. Aikavälijakaumassa ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Oikean kaistan osuus liikenteestä pieneni ja kaistojen välinen nopeusero kasvoi pääosin hieman.

Kun nopeusrajoitus laskettiin pienellä liikennemäärällä 80 km/h:stä 60 km/h:iin ja lisäksi kytkettiin ruuhkavaroituserkki päälle, nopeudet laskivat ja nopeuden keskihajonta ja variaatiokerroin kasvoivat. Hitaimpien ajoneuvojen nopeudet laskivat enemmän kuin nopeimpien ja muutos oli oikealla kaistalla suurempi kuin vasemmalla. Aikavälijakaumassa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kaistojen väliset nopeuserot kasvoivat merkitsevästi hitaimpien ajoneuvojen osalta.

Liikennemäärä vaikuttaa olevan huono parametri suurten nopeuden muutosten ennakoimiseen. Myöskään keskimääräinen bruttoaikaväli, sen keskihajonta tai variaatiokerroin, lyhyiden aikavälien osuus tai varausaste eivät muuttuneet selvästi ylikysyntätilanteessa. Nopeus₁₅ ja nopeus₈₅ muuttuivat yhdessä keskinopeuden kanssa. Nopeuden variaatiokerroin vaihteli hyvin voimakkaasti ylikysyntätilanteen aikana. Parhaaksi indikaattoriksi osoittautui nopeuskeskihajonta, joka kasvoi jyrkästi muutosvaiheiden aikana – sekä nopeuden laskiessa että noustessa.

Tutkimuksen tuloksista tehtiin johtopäätös, etteivät länsiväylän autoilijat kunniota nopeusrajoituksia. Tämän näkee erityisen selvästi vapaista nopeuksista, jotka ovat huomattavasti nopeusrajoituksia korkeampia. Eräänä syynä ylinopeuksiin lienee nopeusvalvonnan puute.

Kun nopeusrajoitukseen 60 km/h liitettiin ruuhkavaroituserkki (ruuhkattomassa tilanteessa, keskinopeus yli 60 km/h) autoilijat ajoivat nopeammin kuin tilanteessa, jossa ruuhkavaroituserkkiä ei näytetty. Liukkaasta ajoradasta kertova varoituserkki näytti saavan autoilijat alentamaan nopeuttaan enemmän kuin pelkkä 70 km/h nopeusrajoitus yksin. Tästä voi tehdä sen johtopäätöksen, että kuljettajat hyväksyvät alennetun nopeusrajoituksen paremmin silloin, kun siihen on suoraan syynä turvallisuus, mutta he koettavat kompensoida ruuhkan aiheuttamia tulevia viivytyksiä ajamalla lujempaa kuin vastaavassa tilanteessa samalla nopeusrajoituksella muuten.

Tämän aineiston perusteella vaikuttaa siltä, että erot keskinopeuksissa johtuivat pääasiassa eroista hitaimpien kuljettajien nopeuksissa. Johtopäätöstä tukee se, että nopeuden keskihajonnalla ja variaatiokertoimella oli taipumus kasvaa nopeusrajoituksen laskiessa. Saatu tulos on ristiriidassa rajoitukset aikaisempien tutkimusten kanssa, joiden mukaan nopeusrajoitukset vaikuttavat eniten korkeimpiin nopeuksiin (Rämä 1997). Tosin tutkimuksissa tarkastellut nopeusrajoitukset eivät olleet samat.

Tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella ohjausmuutoksen takia tapahtuva keskinopeuden muutos vaihteli välillä 0,4 – 4,7 km/h, kun nopeusrajoitus laski tai nousi nopeusrajoitusten 80 km/h ja 70 km/h tai rajoitusten 70 km/h ja 60 km/h välillä. Yleisimmin nopeudenmuutos oli välillä 1 – 2 km/h. Saatu tulos on linjassa aiemmin saatujen tulosten (Viatek Oy 1997, Rämä 1997, Keski-Suomen tiepiiri 1995, Uudenmaan tiepiiri 1999) kanssa.

Pursula ym. (1988) saivat Länsiväylän tutkimuksessaan tulokseksi, että sään ja kelin vaikutus liikennevirran ominaisuuksiin on huomattava. Sama havaittiin myös nyt saaduista tuloksista. Lumisade vaikutti nopeuksiin voimakkaimmin ja kuura toiseksi eniten. Vesisateen vaikutus oli edellä mainittuja talvikelejä pienempi ja märän tien vaikutus poutasäällä pienin. Nyt saadut tulokset vahvistavat aiemman tuloksen (Pursula ym. 1988) myös siitä, että kaistojen välinen nopeusero kasvaa nopeusrajoituksen kasvaessa - lukuun ottamatta pieniä liikennemääriä, jolloin tilanne näytti olevan päinvastainen.

Tutkimukselle tehtiin hypoteesit, joiden mukaan 1) suurella liikennemäärällä alennettu nopeusrajoitus alentaa keskinopeutta ja harmonisoi liikennevirtaa, 2) nopeudet alenevat ja nopeuskeskihajonta pienenee häiriökohdasta ylävirtaan, 3) kun nopeusrajoitusta täydennetään varoitusmerkillä, nopeudet ovat alhaisempia kuin kyseisellä nopeusrajoituksella ilman varoitusmerkkiä ja että 4) alennetun nopeusrajoituksen vaikutus keskinopeuteen on pienillä liikennemäärillä ja hyvällä kelillä suurempi kuin suurilla liikennemäärillä ja huonolla kelillä. Hypoteesi 3) piti liukkaasta ajoradasta varoittavan merkin osalta paikkansa, mutta kaikki muut hypoteesit piti hylätä.

Liikenteenohjaus on mielekästä ainoastaan silloin, jos tienkäyttäjät kokevat sen asianmukaiseksi. Länsiväylällä näin ei ole, mikä näkyy mm. huomattavina ylinopeuksina. Järjestelmä pitäisi saattaa nopeasti asianmukaiseen kuntoon tai muuten se vie uskottavuuden myös muilta Suomen vastaavilta liikenteenohjausjärjestelmiltä.

Lähdeluettelo

FINCH D, KOMPFFNER P, LOCKWOOD C, MAYCOCK G (1994). *Speed, Speed Limits and Accidents*. Project Report 58. Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, UK. 24 s.

HOOGEN E VAN DEN, SMULDERS S (1994). *Control by Variable Speed Signs: Results of the Dutch Experiment*. Seventh International Conference on Road Traffic Monitoring and Control, 26 - 28 April 1994. Conference Publication No. 391. The Institute of Electrical Engineers, IEE, London, UK. S. 145 - 149.

KESKI-SUOMEN TIEPIIRI (1995). *Muuttuvat nopeusrajoitukset Keski-Suomen tiepiirissä*. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 64/1995. Tielaitos, Keski-Suomen tiepiiri, Tampere. 13 + 8 s.

KROES J DE, DONK P, KLEIN S DE (1983). *An Evaluation of the External Effects of the Motorway Traffic Control System 1983*. Alankomaat. 73 s.

KULMALA R, RÄMÄ P (1998). *Ohjeet muuttuvien nopeusrajoitusten vaikutusten arvioinnista*. Tielaitoksen selvityksiä 41/1998. Tielaitos, Helsinki. 46 + 1 s.

LÄHESMAA J, SCHIROKOFF A (1998). *Selvitys muuttuvien nopeusrajoitusten käyttöön otosta Suomen pääteillä*. Tielaitoksen selvityksiä 40/1998. Tielaitos, Helsinki. 83 + 61 s.

MILTON J, ARNOLD J (1990). *Introduction to Probability and Statistics, Principles and Applications for Engineering and the Computing Sciences*. Second Edition. McGraw-Hill International Editions, Probability and Statistics Series. 700 s.

PURSULA M, LYLÄ S, ENBERG Å (1988). *Länsiväylän liikennevirtatutkimukset, yhteenveto*. Julkaisu 64, Liikennetekniikka, Teknillinen korkeakoulu. 91 s.

RANTA S, KALLBERG V-P (1996). *Ajonopeuden turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi*. Tutkimusraportti 362. VTT, Yhdyskuntateknikka, Liikenne ja kuljetukset, Espoo. 75 + 12 s.

RÄMÄ P (1997). *Sää- ja kelitietoon perustuvan liikenteen ohjausjärjestelmän vaikutukset Kotka-Hamina-moottoritieillä*. Tielaitoksen selvityksiä 1/1997. Tielaitos, Helsinki. 64 + 23 s.

RÄMÄ P, KULMALA R, HEINONEN M (1995). *Muuttuvien kelivaroitusmerkkien vaikutukset liikennekäyttäytymiseen Turun tiepiirissä talvella 1993 - 1994*. Tielaitoksen selvityksiä 36/1995. Tielaitos, Helsinki. 39 s.

RÄMÄ P, KULMALA R, HEINONEN M (1996). *Muuttuvien kelivaroitusmerkkien vaikutus ajonopeuksiin, aikaväleihin ja kuljettajien käsityksiin*. Tielaitoksen selvityksiä 1/1996. Tielaitos, Helsinki. 54 + 23 s.

SAVO-KARJALAN TIEPIIRI (1995). *Kallansiltojen muuttuvan liikenteenohjauksen vaikutus selvitys*. Tielaitoksen selvityksiä. Tielaitos, Savo-Karjalan tiepiiri, Kuopio. 36 + 21 s.

SMULDERS S (1990). *Control of Freeway Traffic Flow by Variable Speed Signs*. Transportation Research, Volume 24B, No. 2. Pergamon Press plc, UK. S. 111 - 132.

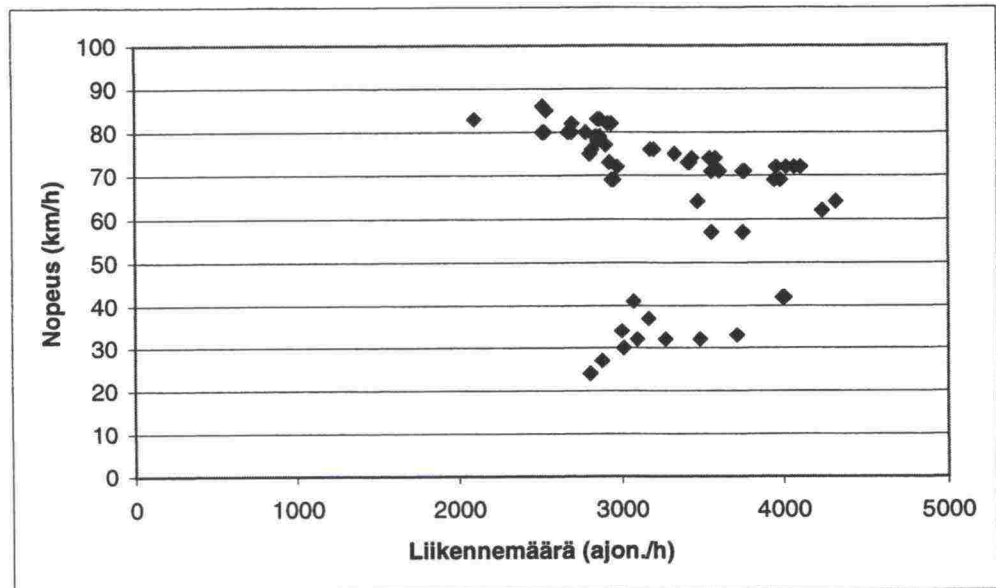
UUDENMAAN TIEPIIRI (1996). *Länsiväylän ruuhkavaroitus- ja kamerajärjestelmä*. Esite. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri, Helsinki. 4s.

UUDENMAAN TIEPIIRI (1999). *Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmän arviointi*. Tielaitoksen selvityksiä 30/1998. Uudenmaan tiepiiri, Tielaitos, Helsinki. 42 s.

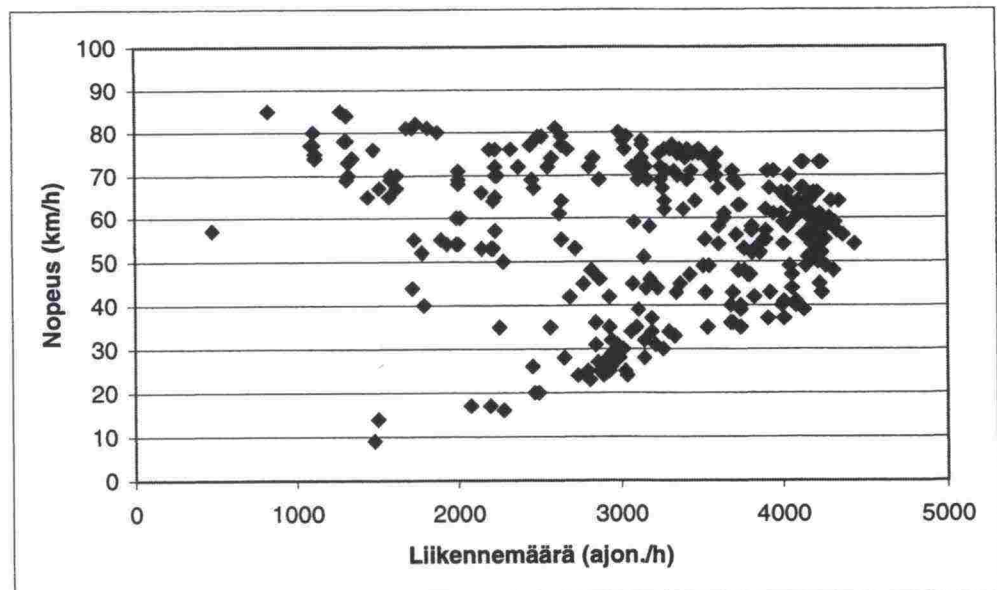
UUDENMAAN TIEPIIRI, TRAFICON OY (1998). *Länsiväylän ruuhkavaroitussjärjestelmä välillä Haukilahti – Katajaharju*. Liite 1.1 Ohjaussjärjestelmä – Tekniset ja toiminnalliset laatuvaatimukset. 12 s.

VIATEK OY (1997). *LIIVI - Vaihtuvan nopeusrajoituksen vaikutuksesta liikennevirtaan*. Uudenmaan tiepiiri, Tielaitos, Helsinki. 31 s.

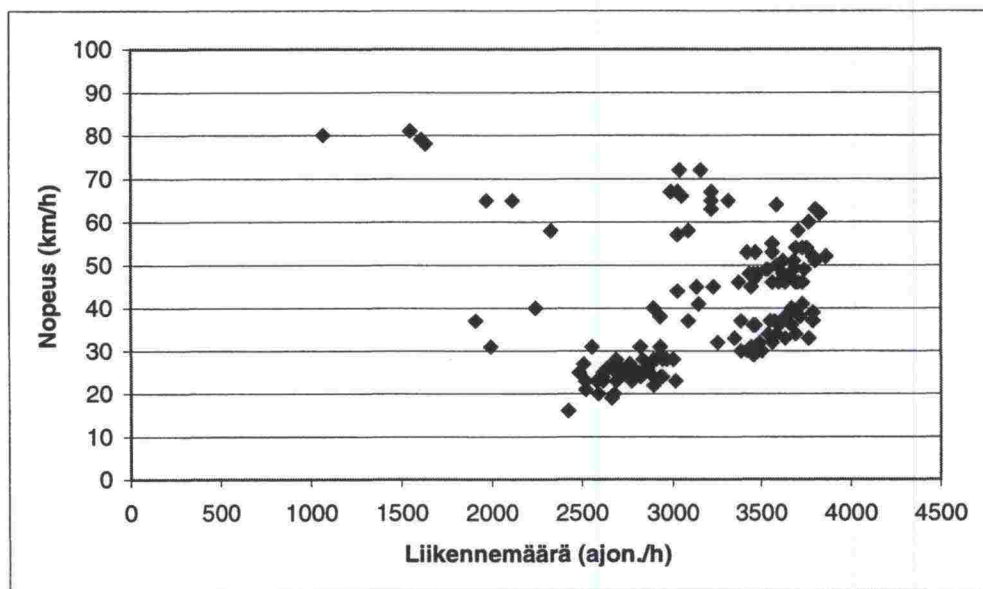
Liikennevirran peruskuvaaja



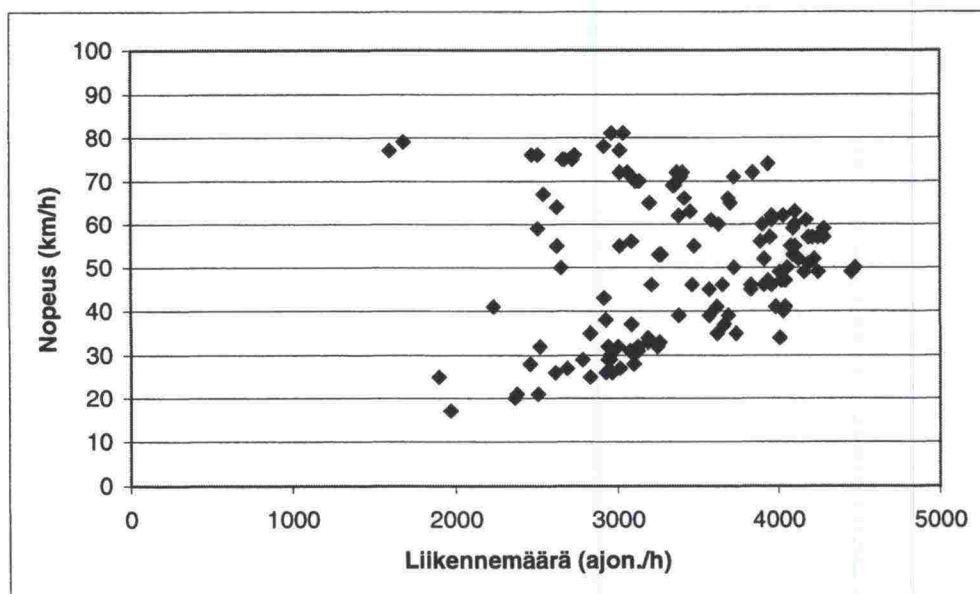
Kuva 10. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuiva ja nopeusrajoitus on 60 km/h.



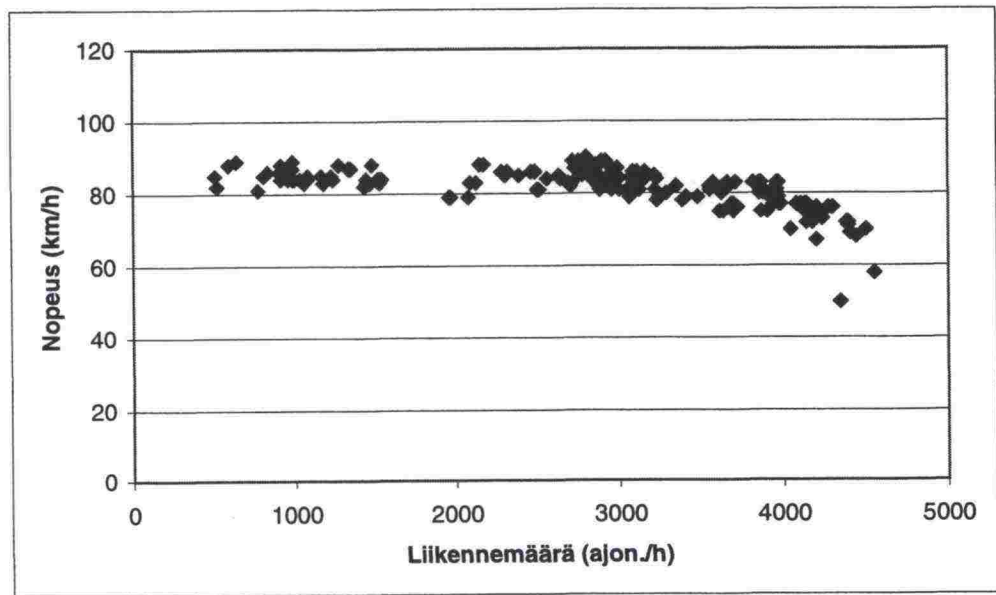
Kuva 11. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 60 km/h.



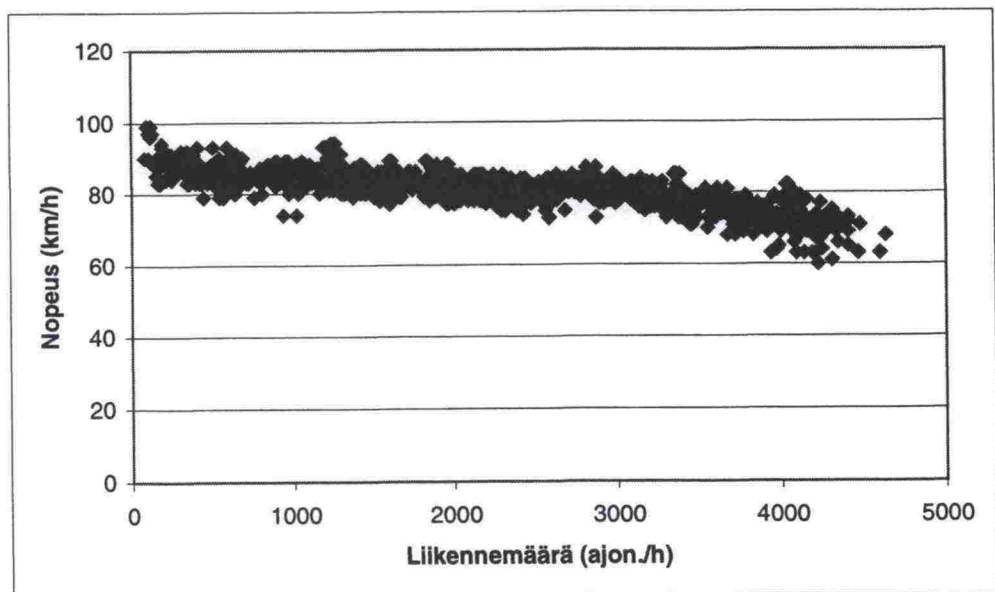
Kuva 12. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuurassa ja nopeusrajoitus on 60 km/h.



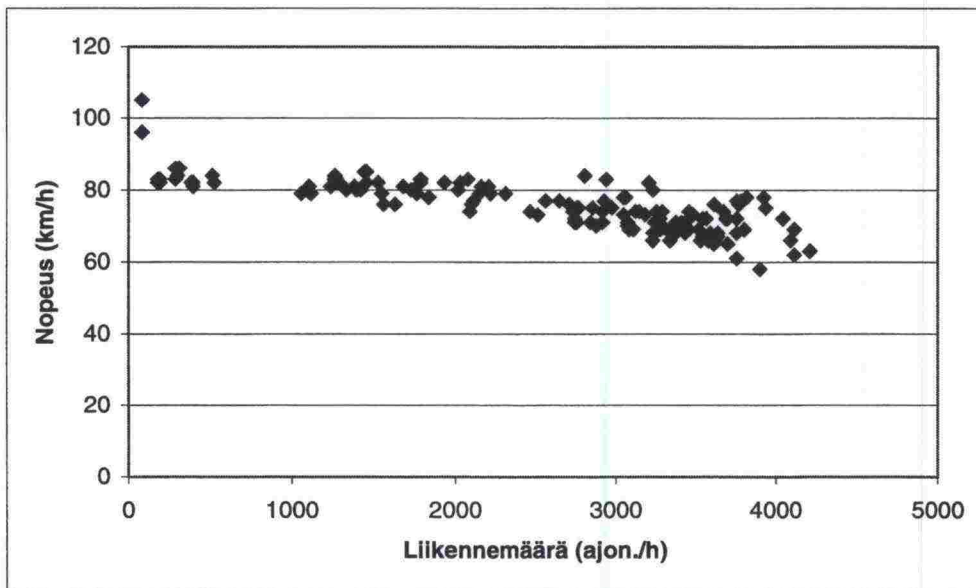
Kuva 13. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot vesisateella, kun nopeusrajoitus on 60 km/h.



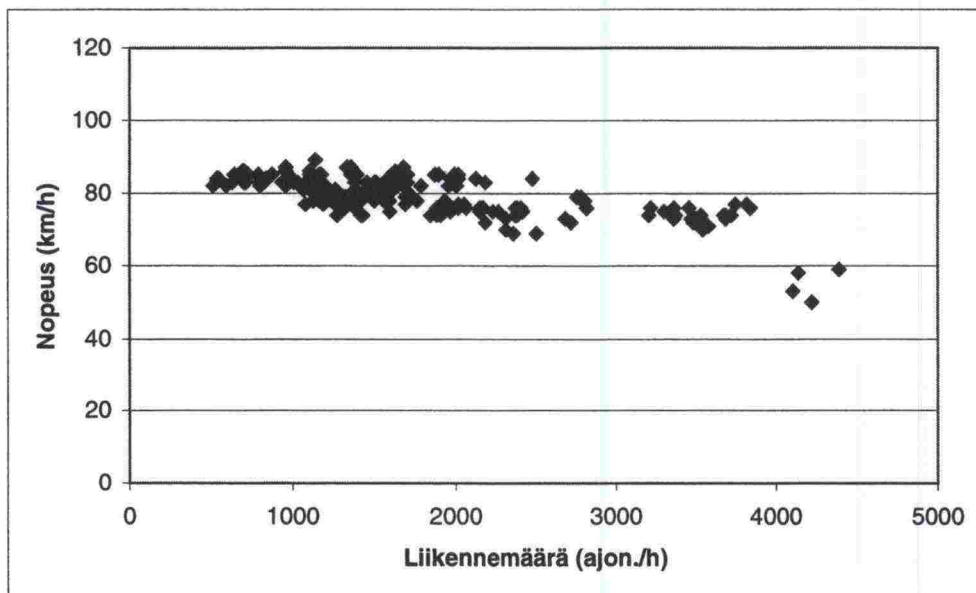
Kuva 14. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuiva ja nopeusrajoitus on 70 km/h.



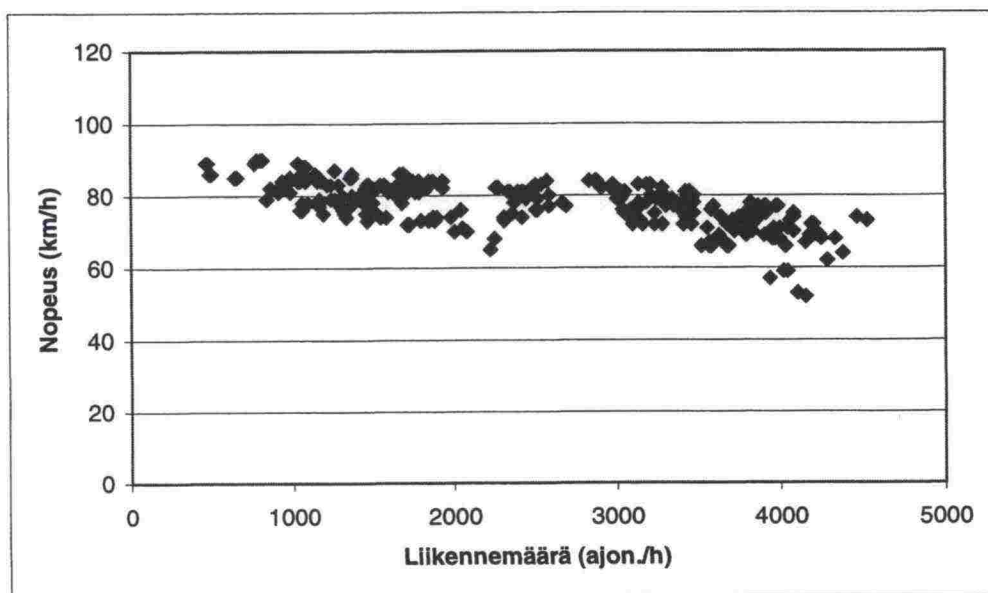
Kuva 15. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 70 km/h.



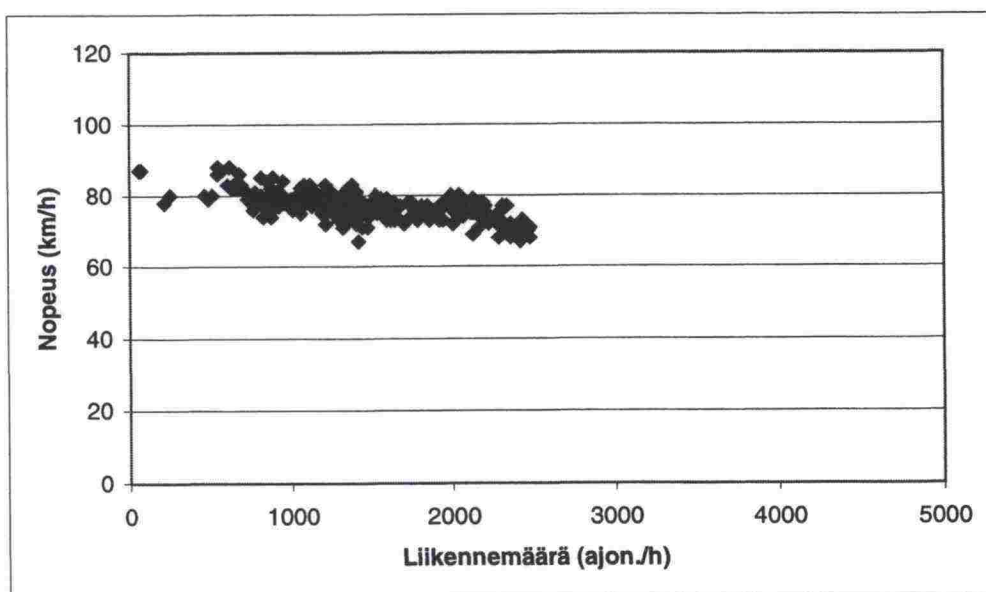
Kuva 16. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuurassa ja nopeusrajoitus on 70 km/h.



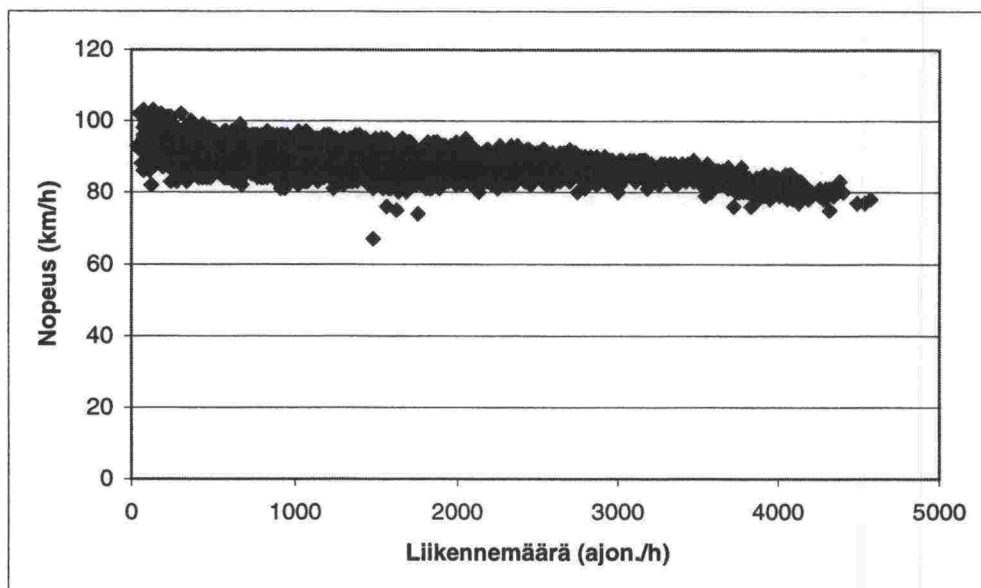
Kuva 17. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on luminen tai jäinen ja nopeusrajoitus on 70 km/h.



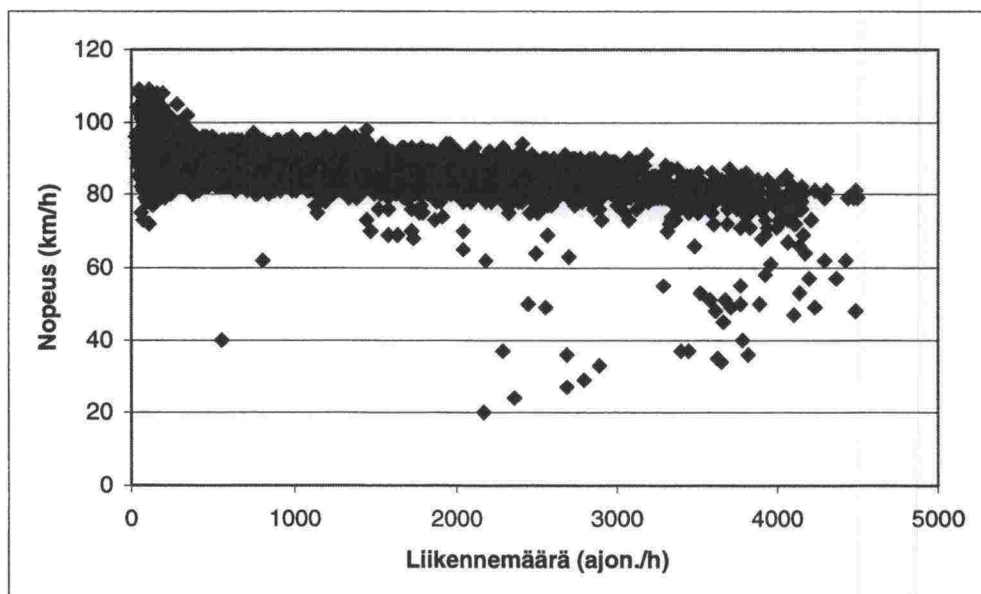
Kuva 18. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot vesisateella, kun nopeusrajoitus on 70 km/h.



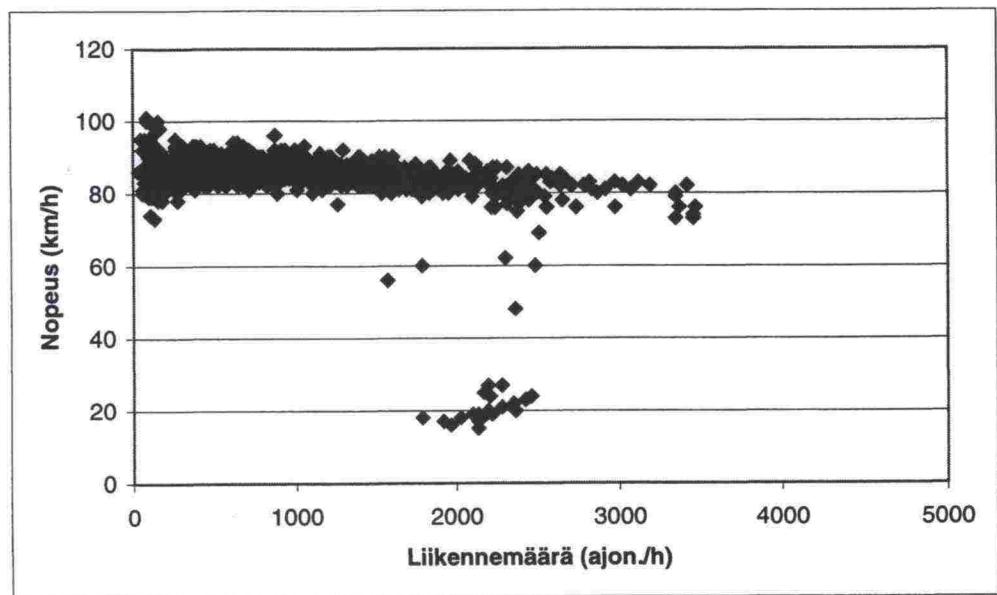
Kuva 19. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot lumisateella, kun nopeusrajoitus on 70 km/h.



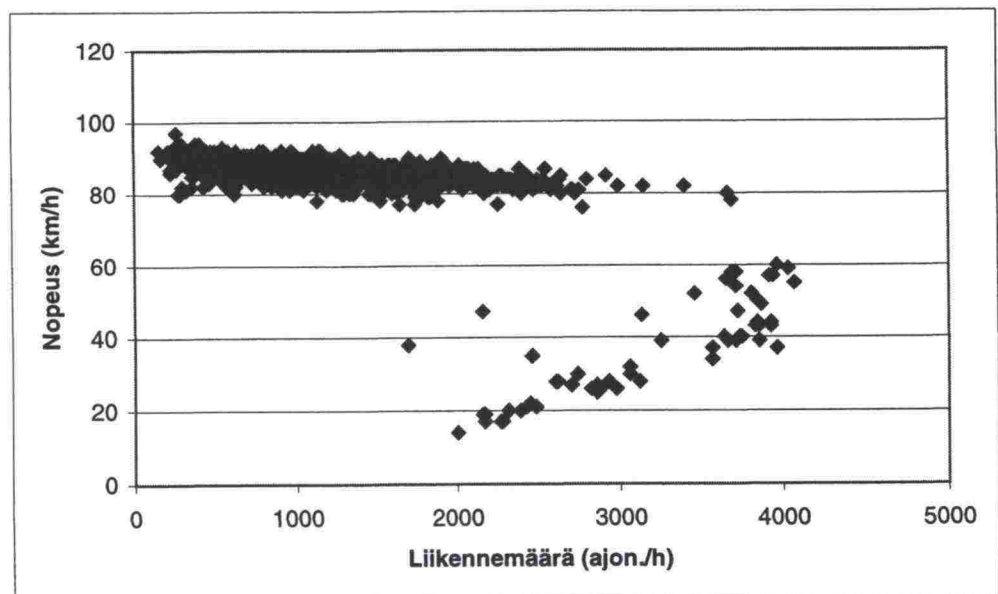
Kuva 20. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuiva ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



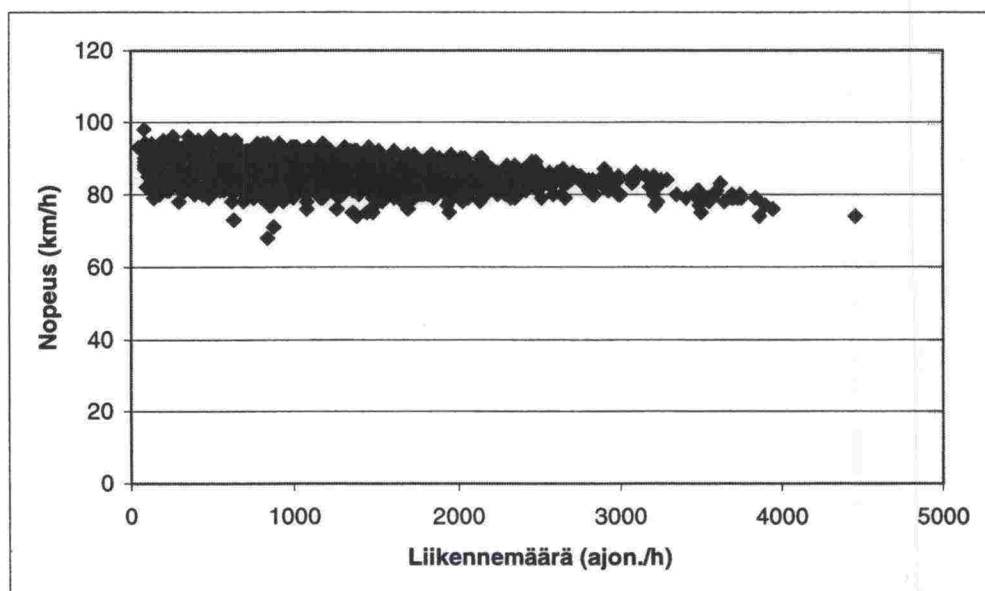
Kuva 21. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kostea tai märkä ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



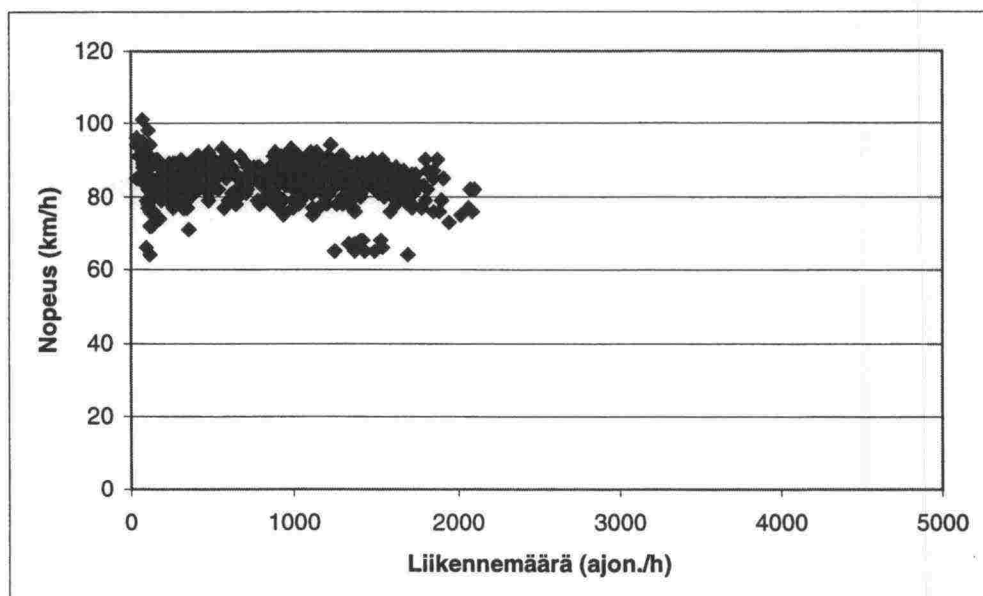
Kuva 22. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on kuurassa ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 23. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot poudalla, kun tienpinta on luminen tai jäinen ja nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 24. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot vesisateella, kun nopeusrajoitus on 80 km/h.



Kuva 25. Kaikki poikkileikkauskohtaiset liikennemäärä-nopeushavainnot lumisateella, kun nopeusrajoitus on 80 km/h.

ISSN 0788-3722
ISBN 951-726-701-0
TIEL 3200639